corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 15 - 22 luglio 1961 un fascicolo lire 150 42° numero

corso di RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

PROPAGAZIONE delle RADIOONDE

Le onde elettromagnetiche, si è già detto a suo tempo nelle prime lezioni, sono costituite da un *campo elettrico* e da un *campo magnetico*, che si propagano **perpendicolarmente** tra di loro. Ad ogni istante, i campi, magnetico ed elettrico, si presentano, nello spazio, come indicato alla **figura 1**. In essa si può osservare come il campo *elettrico* sia *verticale* ed il campo *magnetico orizzontale*. La direzione di propagazione dell'onda è perpendicolare ad entrambi i campi, e quindi anche al piano della pagina. Occorre notare che il tipo di onda rappresentato è un caso particolare, potendo in realtà il campo elettrico E ed il campo magnetico H assumere direzioni qualunque, purchè perpendicolari tra di loro e rispetto alla direzione di propagazione.

Alla **figura 2** è ancora rappresentata la propagazione delle onde elettromagnetiche, considerata però da un altro punto di vista. E' ivi raffigurato un raggio, (asse r), ossia una retta che indica la direzione di propagazione. Le due sinusoidi rappresentano i campi, elettrico e magnetico, presenti ad un dato istante in ogni punto del raggio. La sinusoide disegnata sul piano verticale indica l'intensità del *campo elettrico* E, e quella sul piano orizzontale (in prospettiva) l'intensità del *campo magnetico* H.

Nello studio della propagazione delle onde elettromagnetiche, occorre tener conto anche del fenomeno della **polarizzazione**. Il termine « polarizzazione » viene usato per designare la proprietà di cui godono quelle onde elettromagnetiche nelle quali i campi elettrico e magnetico vibrano sempre nel medesimo piano. L'onda rappresentata alle figure 1 e 2 è quindi un'onda polarizzata, dato che il campo elettrico ha sempre direzione verticale, ed il campo magnetico direzione orizzontale. Poichè si assume come riferimento la direzione di vibrazione del campo elettrico, l'onda rappresentata si dice « polarizzata verticalmente ». Se si ruotassero i campi di 90°, in modo che il campo elettrico si trovasse sul piano orizzontale, l'onda risulterebbe « polarizzata orizzontalmente ».

Nelle onde non polarizzate i due campi, pur permanendo sempre perpendicolari tra loro, ed alla direzione di propagazione, non vibrano sempre nel medesimo piano, sia esso orizzontale o verticale, ma mutano continuamente direzione.

Oltre alla polarizzazione « piana », di cui si è detto, occorre considerare la polarizzazione rotatoria, fenomeno molto frequente nella propagazione delle onde elettromagnetiche a radiofrequenza. In questo caso, la direzione del campo elettrico ruota uniformemente, e con essa, a 90°, la direzione del campo magnetico.

La polarizzazione è un fattore molto importante per quanto riguarda la propagazione delle onde radio, in quanto si ha una notevole perdita di energia a radiofrequenza nel caso in cui la direzione dell'antenna ricevente non risulti in accordo con essa. Ad esempio, se l'antenna ricevente è verticale, mentre l'onda radio è polarizzata orizzontalmente, si ha un rendimento ben poco soddisfacente.

Quando un'onda radio si allontana da un'antenna emittente verticale, essa si propaga nello spazio secondo quanto indicato alla **figura 3**. Come si può notare, l'energia irradiata con un'inclinazione positiva (verso l'alto) continua ad espandersi, costituendo la cosiddetta **onda spaziale**. Quella parte che viene irradiata verso il basso, ossia con una inclinazione negativa rispetto al piano orizzontale, viene, come sappiamo, riflessa in parte. La rimanente, o viene assorbita dalla superficie terrestre, oppure si propaga lungo di essa, costituendo la cosiddetta **onda terrestre**.

L'onda terrestre e l'onda spaziale vengono sfruttate in modo diverso nelle radiotrasmissioni. La prima viene usata sia per trasmissioni a breve distanza, di bassa potenza e frequenza alta, sia per comunicazioni a lunga distanza a frequenza bassa e forte potenza. La ricezione diurna delle stazioni radio situate nelle vicinanze del ricevitore dipende, nella gamma delle onde medie, dall'onda terrestre. L'onda spaziale, invece, viene impiegata per comunicazioni diurne a frequenza più elevata (onde corte) ed a lunga portata. Di notte essa costituisce un metodo adatto per effettuare trasmissioni a lunga portata, con frequenze anche relativamente basse.

ONDE TERRESTRI

Le onde terrestri si dividono in due parti: *onde superficiali* ed *onde aeree*. Le prime si spostano effettivamente lungo la superficie terrestre, mentre le altre si propagano nello spazio, immediatamente al di sopra di essa, secondo due diversi percorsi. Uno di questi è la linea retta tra il trasmettitore ed il ricevitore, mentre il secondo, prima di raggiungere il ricevitore, colpisce la superficie terrestre e ne viene riflesso (**figura 4**). Poichè queste due onde seguono percorsi di dif-

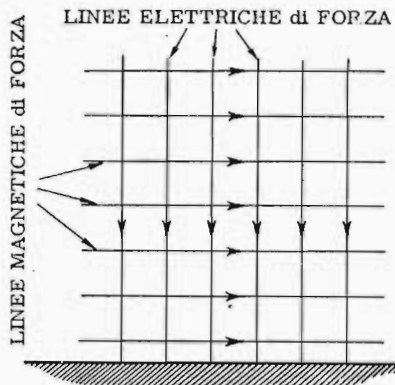



Fig. 1 - Le linee di forza elettriche e magnetiche di una onda sono sempre perpendicolari tra loro. La direzione dell'onda è, a sua volta, perpendicolare ad entrambe. In questo caso essa è rivolta verso l'osservatore, al di fuori del foglio, e prosegue anche nel senso opposto, ossia oltre il foglio.

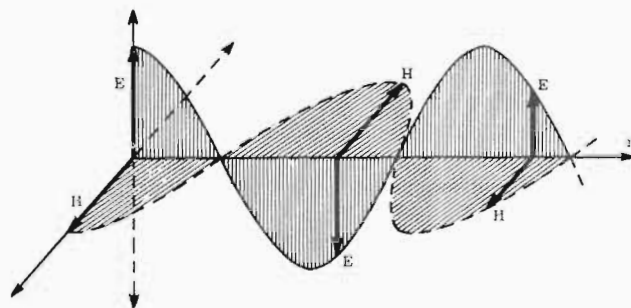



Fig. 2 - Rappresentazione del comportamento dei due campi di un'onda elettromagnetica, e dell'onda stessa, che si propaga lungo la direzione « r ». « E » rappresenta il campo elettrico, ed « H » il campo magnetico. Sono evidenti le tre dimensioni.

ferenti lunghezze, esse possono giungere al ricevitore sia in fase che sfasate l'una rispetto all'altra, secondo che la differenza tra le distanze corrisponda a multipli pari o dispari di mezza lunghezza d'onda. Pertanto, in dipendenza delle diverse distanze dal trasmettitore, queste due componenti possono rinforzarsi l'una con l'altra oppure annullarsi. Nessuna di esse, comunque, subisce l'influenza dello strato riflettente e rifrangente, posto molto in alto rispetto alla superficie terrestre, denominato « ionosfera ».

La parte aerea dell'onda terrestre diviene preponderante quando la frequenza di trasmissione è piuttosto elevata, oppure nel caso in cui le antenne del trasmettitore e del ricevitore si trovano ad una buona altezza dal suolo. Quando entrambe le antenne — trasmittente e ricevente — sono vicine al suolo, la componente riflessa risulta sfasata di 180°, a causa della riflessione, pur avendo la medesima ampiezza della componente diretta; altri sfasamenti non si determinano dato che la lunghezza dei due percorsi è approssimativamente eguale. Le due onde arrivano pertanto all'antenna del ricevitore in opposizione di fase, e si annullano a vicenda.

Per questo motivo, nella maggior parte delle trasmissioni diurne, viene usata la parte superficiale dell'onda terrestre. Questa, man mano che si sposta lungo la superficie terrestre, induce in essa delle tensioni, le quali determinano correnti di dispersione. L'energia necessaria allo stabilirsi di tali correnti viene prelevata dall'onda superficiale, e per questo motivo l'onda si indebolisce rapidamente all'aumentare della distanza dell'antenna trasmittente. Un eventuale aumento di frequenza determina una maggiore attenuazione, per cui le comunicazioni a mezzo di onde superficiali sono limitate alle frequenze relativamente basse.

Esiste una formula che permette di calcolare la propagazione dell'onda superficiale, in modo che sia trascurabile l'effetto dovuto alla curvatura terrestre (formula di Sommerfeld). Questa formula tiene conto della natura del terreno che si incontra via via, nonchè delle zone di acqua. Nelle zone di montagna, il cui terreno è caratterizzato da una modesta conduttività, viene tenuta presente l'azione schermante delle sopraelevazioni collinose o rocciose.

Dal momento che le caratteristiche elettriche della superficie terrestre lungo la quale l'onda superficiale si sposta permangono, in funzione del tempo, relativamente costanti, l'intensità del segnale proveniente da una data stazione non subisce, in un dato punto dello spazio, variazioni notevoli. Ciò vale, in pratica, in quasi tutte le località, ad eccezione di quelle in cui si ha una netta distinzione tra la stagione delle piogge e quella della siccità. Infatti, il diverso ammontare del grado di umidità determina forti variazioni nella conduttività del suolo, e quindi nell'assorbimento di energia da parte di esso.

La conduttività dell'acqua marina è di circa 5.000 volte superiore rispetto a quella del terreno asciutto, e questa maggiore conduttività determina una migliore propagazione delle onde superficiali; è per questo motivo che i trasmettitori ad alta potenza e frequenza bassa sono collocati di preferenza nelle zone costiere. Dato il particolare effetto delle masse d'acqua sull'onda superficiale, i trasmettitori costieri sono in grado di effettuare comunicazioni a lunga portata mediante onde terrestri a potenza notevolmente alta, con frequenza compresa tra 18 e 300 kHz.

ONDE SPAZIALI

Quella parte delle radioonde che si sposta verso l'alto e verso l'esterno, senza venire a contatto con la superficie terrestre, costituisce l'onda spaziale, altrimenti detta « onda indiretta », la quale si comporta in modo del tutto diverso dall'onda terrestre.

Le onde spaziali si possono suddividere in *onde troposferiche* ed in *onde ionosferiche*. Sia le une che le altre giungono all'antenna del ricevitore, non seguendo la superficie terrestre, ma dall'alto. Le onde troposferiche, irradiate verso l'alto dall'antenna, ritornano sulla superficie terrestre in seguito a successive rifrazioni dovute agli strati d'aria della troposfera. La troposfera è quella zona dell'atmosfera che presenta alta densità e bassissima temperatura. Le grosse formazioni nuvolose di questa zona rendono possibile, con il loro potere rifrangente, collegamenti in onde corte altrimenti non realizzabili. Le onde ionosferiche vengono invece riflesse o rifratte dalla ionosfera, in modo tale che ritornano, con un certo sfasamento — dipendente dalla riflessione — verso la terra. Un ricevitore situato in prossimità

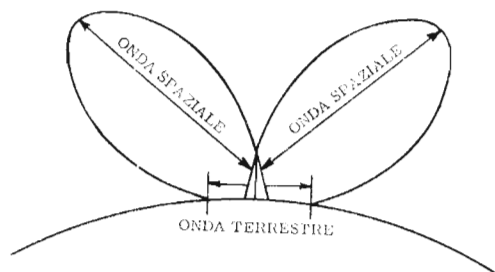



Fig. 3 - Diagramma di irradiazione delle onde emesse da un'antenna. Si hanno due direzioni di irradiazione verso l'alto (onde spaziali), e due direzioni orizzontali (onde dirette), dette anche « terrestri ».

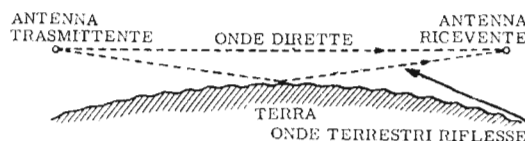



Fig. 4 - Propagazione delle onde terrestri: come si nota, una parte si propaga in direzione rettilinea, ed un'altra parte viene parzialmente assorbita, e parzialmente riflessa dalla superficie terrestre.

del punto d'arrivo dell'onda riflessa o rifratta, riceverà pertanto dei segnali molto intensi, anche se si trova a diverse centinaia di chilometri oltre la portata dell'onda terrestre.

Ricordiamo quanto detto nel corso della lezione 4ª, a proposito della struttura dell'atomo. In quella occasione abbiamo visto come l'atomo sia, nel complesso, elettricamente neutro; le cariche negative (elettroni) equilibrano perfettamente le cariche positive (protoni). Supponiamo ora che una causa qualsiasi provochi l'allontanamento di un elettrone da un atomo; ne risulterà uno squilibrio, dato che il numero delle cariche negative in esso presenti risulta inferiore rispetto a quello delle cariche positive. Lo squilibrio prodottosi pone l'atomo in una particolare condizione di instabilità, dato che esso tende tempre al raggiungimento dell' equilibrio elettrico tra le sue cariche, positive e negative. Tale stato, che conferisce all'atomo caratteristiche del tutto particolari, si dice « ionizzazione ». La ionizzazione può avvenire spontaneamente in natura per cause diverse, e principalmente in seguito ad un *bombardamento dell'atomo* da parte di particelle o di radiazioni.

Tutti gli strati dell'atmosfera sono più o meno soggetti al fenomeno della ionizzazione. Comunque, lo strato in cui tale fenomeno assume le proporzioni più rilevanti viene denominato **ionosfera**.

La ionosfera si trova nell'atmosfera rarefatta, ad una altezza compresa tra 15 e 500 km rispetto alla superficie terrestre. Tale strato contiene un elevato numero di ioni, sia negativi che positivi. Gli ioni positivi sono costituiti da atomi a cui mancano uno o più elettroni, mentre gli ioni negativi sono costituiti da atomi con eccesso di elettroni, o da elettroni liberi.

Tra le principali cause che determinano la ionizzazione degli strati alti dell'atmesfera, ricordiamo le radiazioni ultraviolette del sole ed i raggi cosmici; la rotazione della terra attorno al proprio asse, la sua rivoluzione annuale attorno al sole, ed il susseguirsi delle macchie solari, contribuiscono a modificare, da istante ad istante, il numero di ioni presente. Questo, a sua volta, influisce sulla qualità e sulla portata delle radiotrasmissioni.

Le continue variazioni nel numero degli atomi ionizzati sono dovute al fatto che gli ioni, negativi e positivi, hanno la tendenza a ricombinarsi tra di loro per costituire atomi neutri, mentre, contemporaneamente, altri atomi si ionizzano a causa della rimozione di elettroni dalle loro orbite attorno al nucleo. Il rapporto tra gli ioni che si formano e quelli che si ricombinano, neutralizzandosi, dipende dalle diverse intensità delle radiazioni e dal numero di ioni già presenti. Ad altezze superiori ai 500 km, le molecole dell'aria sono troppo rade per permettere una formazione intensa di ioni, mentre ad altezze inferiori ai 30 km sono presenti soltanto pochi ioni, a causa della eccessiva facilità alla ricombinazione da parte degli ioni di segno opposto. Inoltre, a tale quota, le radiazioni solari ultraviolette, causa principale del fenomeno di ionizzazione, sono già state, per la maggior parte, assorbite durante il passaggio attraverso gli strati superiori della ionosfera.

La differente densità di ionizzazione alle varie altezze rende possibile una suddivisione della ionosfera in strati. In realtà, la densità varia gradualmente, da strato a strato, e quindi la suddivisione in strati non è, da un punto di vista fisico, molto netta; tuttavia, essa viene egualmente introdotta per comodità di discussione.

L'atmosfera ionizzata che si trova tra i 15 ed i 75 km viene denominata *strato D*. Il suo grado di ionizzazione è basso, e l'effetto sulla propagazione delle onde è minimo, se si eccettua un certo assorbimento di energia. Questo strato, essendo determinato principalmente dalle radiazioni solari più penetranti, è presente soltanto durante le ore diurne. Esso riduce notevolmente l'intensità di campo delle trasmissioni che devono passare attraverso zone di luce diurna, e ciò a causa del già citato fenomeno di assorbimento.

Lo *strato E* è costituito da quella parte dell'atmosfera che è compresa tra le altezze di 75 e 150 km. Questo strato, che raggiunge la sua massima intensità all'altezza di 100 km circa, è molto intenso durante il giorno, e resta presente, sia pure più debolmente, anche durante la notte. La massima densità si verifica all'incirca al mezzogiorno dell'ora locale, ed è talvolta così intensa da rifrangere frequenze dell'ordine dei 20 MHz, rimandandole verso terra. Tale azione è di notevole importanza nei confronti delle trasmissioni diurne, a distanze superiori ai 2.000 chilometri.

Lo *strato F* si estende da circa 150 km di quota fino al limite superiore della ionosfera; mentre durante la notte è presente un solo strato *F*, durante il giorno, spe-

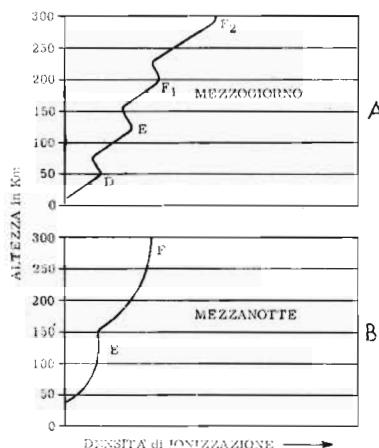



Fig. 5 - In A, densità di ionizzazione durante le ore del giorno, ossia in presenza di luce solare. In B, densità di ionizzazione durante la notte: si noti in B la mancanza dello strato « D » e della suddivisione dello strato « F ». Entrambi i grafici sono riferiti alle diverse altezze, (a sinistra).

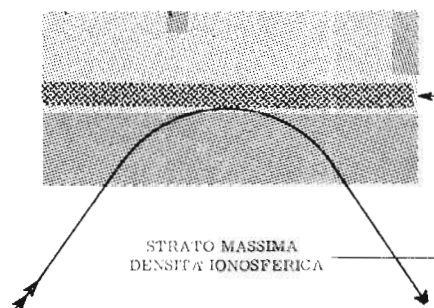



Fig. 6 - Rappresentazione della rifrazione di un'onda. Dal punto di partenza (a sinistra), l'onda sale verso lo spazio. Una volta prossima allo strato ionizzato, viene da questo rifratta fino a riemergere verso il basso.

cialmente nelle ore in cui il sole è allo zenit, esso si separa in due parti, *F1* ed *F2*. Normalmente lo strato *F2* raggiunge la sua massima densità durante le prime ore del pomeriggio; tuttavia, in alcune zone, la densità massima si verifica in ora più tarda. In ogni modo, dopo il tramonto, i due strati *F1* ed *F2* si ricombinano per costituire nuovamente lo strato *F* propriamente detto. Alla **figura 5-A** è indicata, in funzione delle diverse altezze rispetto al suolo, la densità di ionizzazione durante le ore del giorno. Come si può notare, tra uno strato e l'altro non si ha una netta suddivisione, dato che la densità di ionizzazione non scende mai, all'interno della ionosfera, a zero. Alla figura 5-**B** è riportato un grafico che illustra egualmente le condizioni di ionizzazione, ma durante le ore notturne. In questo caso lo strato *D* manca e lo strato *F* non è scisso nei due sottostrati *F1* ed *F2*.

In aggiunta agli strati ionizzati fino ad ora citati, che si verificano con regolarità, si producono spesso delle zone ionizzate mobili, all'altezza dello strato *E*, dipendenti principalmente dalla presenza di formazioni nuvolose. Tali zone sono spesso presenti in numero ed intensità sufficienti a permettere delle buone trasmissioni nella gamma delle onde cortissime, a distanze normalmente irraggiungibili, e vengono denominate « zone ionizzate sporadiche ».

EFFETTI della IONOSFERA sulle ONDE SPAZIALI

Siamo ora in grado di affrontare con maggiore completezza l'argomento della propagazione delle radioonde, già accennato nella 1ª lezione. La ionosfera si comporta come un conduttore, ed assorbe una certa quantità di energia dalle onde elettromagnetiche che si propagano attraverso di essa. Essa si comporta inoltre come uno strato riflettente e rifrangente, rimandando parte delle onde stesse verso la terra.

Rifrazione

L'attitudine, da parte della ionosfera, a respingere verso terra un'onda elettromagnetica, dipende dall'angolo di incidenza secondo il quale essa viene colpita dall'onda stessa, dalla frequenza di trasmissione, e dalla densità ionica. Quando l'onda proveniente da un'antenna colpisce la ionosfera, comincia, per effetto della rifrazione, a deviare dalla sua direzione di ingresso, piegandosi.

La **figura 6** illustra il processo di curvatura di un raggio di propagazione. Come si vede, posto che la frequenza, l'angolo di incidenza e lo stato di ionizzazione siano appropriati, l'onda riemerge dalla ionosfera e ritorna verso la terra.

A parità delle condizioni ionosferiche, il processo di rifrazione dipende essenzialmente da due elementi propri dell'onda incidente: l'angolo di irradiazione e la frequenza di trasmissione. Questi due elementi influiscono *contemporaneamente* sulla propagazione dell'onda; tuttavia, per comodità di discussione, noi studieremo separatamente gli effetti di ciascuno di essi.

Iniziamo con lo studio dell'effetto dell'angolo di incidenza sulla rifrazione, e consideriamo a questo proposito la **figura 7**. In essa, *T* rappresenta la terra e *I* la ionosfera. Supponiamo, per ora, che la ionosfera sia costituita da un unico strato rifrangente, onde semplificare la trattazione del fenomeno.

Si immagini che in *A* sia disposto un trasmettitore, e che l'antenna relativa irradii onde elettromagnetiche in tutte le direzioni. Consideriamo separatamente i raggi che si propagano con differenti inclinazioni verticali rispetto alla superficie terrestre. L'angolo che il raggio forma con il piano orizzontale si dice angolo di irradiazione: pertanto, il raggio di propagazione *AB* ha un angolo di irradiazione quasi massimo, ossia molto prossimo ai 90°. In tali condizioni, non appena il raggio penetra nella ionosfera, inizia un processo di curvatura, che però non è sufficiente, dato che il raggio non riesce a tornare sulla terra, ma si perde nello spazio al di fuori della ionosfera. Anche il raggio *AC*, che presenta un angolo di irradiazione inferiore, subisce la stessa sorte, però viene curvato maggiormente all'interno della ionosfera. Fino a che l'angolo di irradiazione è superiore ad un certo angolo critico corrispondente al raggio *AD*, i raggi, dopo una maggiore o minore curvatura dovuta alla rifrazione, si perdono nello spazio esterno.

Il raggio *AD*, invece, durante la sua penetrazione nella ionosfera, viene curvato in modo tale da iniziare un percorso di ritorno verso la terra. Lo stesso fatto avviene per il raggio *AE*, se si eccettua che non è necessario che esso, per poter essere totalmente rifratto, penetri profondamente nella ionosfera. In corrispondenza di

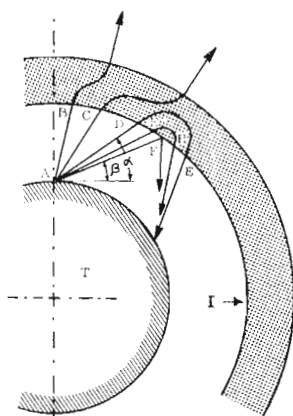



Fig. 7 - Influenza dell'angolo di incidenza sulla rifrazione. Il trasmettitore, indicato da A sulla terra T, irradia nelle direzioni B, C, D, ecc. Non appena le onde incontrano la ionosfera I, vengono da questa rifratte, con angoli che non sempre le rimandano sulla terra. Affinchè ciò sia possibile, occorre che l'angolo di irradiazione non sia superiore all'angolo « α ».

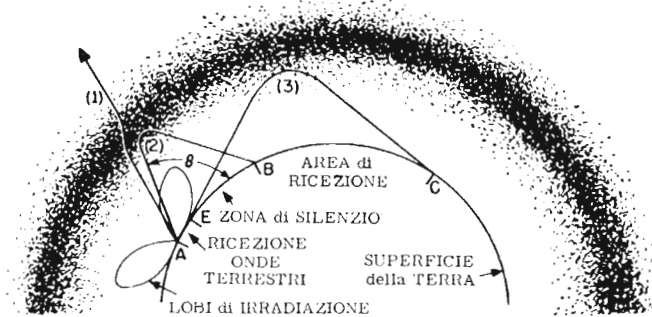



Fig. 8 - Distribuzione delle onde irradiate dal trasmettitore « A », Nella zona tra A ed E si ha ricezione con onde corte terrestri; nel tratto tra E e B non si ha ricezione (zona di silenzio); essa riprende oltre il punto B, grazie alle onde spaziali riflesse dall'alto.

ulteriori diminuzioni dell'angolo di irradiazione, il raggio viene sempre rifratto, penetrando sempre meno nella ionosfera. Ciò fino ad un certo angolo minimo β.

In corrispondenza di tale angolo vediamo in figura il raggio *AF*, che risulta retrocesso senza penetrare all'interno della ionosfera. In questo caso non si può più parlare di rifrazione, bensì di riflessione. Ci occuperemo di questo fenomeno, che avviene per angoli di irradiazioni compresi tra zero e β, in un paragrafo successivo.

Poichè un'antenna emette onde in tutte le direzioni, si ottiene che, contemporaneamente, alcuni raggi vanno a perdersi nello spazio, mentre altri ritornano sulla terra. I primi sono quelli che vengono emessi dall'antenna secondo un angolo di irradiazione superiore all'angolo critico α, e gli altri quelli che vengono emessi con un angolo inferiore ad α.

Prendiamo ora in considerazione la **figura 8**, ed immaginiamo di tracciare sulla superficie terrestre delle circonferenze di raggi *AE*, *AB* ed *AC* aventi il centro nel punto *A* di trasmissione. La zona compresa all'interno della circonferenza *AE* viene coperta dal trasmettitore, mediante onde terrestri. La zona compresa tra la circonferenza *AE* e la circonferenza *AB*, non viene colpita nè dalle onde terrestri, che si arrestano nel punto *E*, nè da quelle spaziali, che iniziano al di là di *B*. In essa la trasmissione non è ricevibile, e pertanto viene detta « zona del silenzio ». Tra *AB* ed *AC* la trasmissione è ricevibile mediante le onde spaziali rifratte, mentre oltre *C*, data la curvatura terrestre, le onde non sono più ricevibili, tranne che nel caso in cui si determini una rifrazione multipla, alla quale accenneremo in seguito.

L'angolo critico al di sopra del quale non si ha rifrazione sufficiente a rimandare le onde verso terra, dipende dalla frequenza dell'onda incidente. Infatti, l'indice di rifrazione di un mezzo dipende, in modo essenziale, dalla frequenza del segnale che lo attraversa. Più precisamente, all'accrescersi della frequenza, l'angolo critico diminuisce, e si estende pertanto la zona di silenzio.

Prendiamo in considerazione la **figura 9**. Sono ivi rappresentati tre raggi indirizzati verso la ionosfera con un medesimo angolo di irradiazione γ. I tre raggi hanno però frequenze diverse; precisamente è f_1 maggiore di f_2 ed f_2 maggiore di f_3. Il raggio f_1, di frequenza troppo elevata, non viene rifratto a sufficienza, e si perde al di fuori della ionosfera. Col diminuire della frequenza i raggi subiscono la stessa sorte, fino a che si raggiunge la frequenza f_2 in corrispondenza della quale il raggio riemerge all'interno della ionosfera. Si può dire che, alla frequenza f_2, l'angolo di irradiazione γ corrisponde all'angolo critico α. Successivamente, al diminuire della frequenza, i raggi vengono tutti rifratti fino al caso f_3, in corrispondenza del quale inizia il processo di riflessione. Ciò significa che, allo stesso angolo γ di irradiazione, corrisponde, a questa frequenza, l'angolo critico β. A frequenze ancora inferiori, il raggio con inclinazione γ viene sempre riflesso.

Riflessione

La rifrazione non è il solo fenomeno che interessi la propagazione alle onde radio. Come abbiamo visto, per angoli di irradiazione inferiori all'angolo critico β, si verifica il fenomeno della riflessione. Tuttavia, anche considerando angoli di irradiazione superiori a β, si ha sempre una certa riflessione parziale. Si può anzi affermare che, per frequenze al di sotto di un certo valore, si manifesta una certa riflessione con qualunque angolo di irradiazione. A questo proposito è fondamentale il concetto di « frequenza critica », che corrisponde alla massima frequenza che viene riflessa con un'angolo di irradiazione di 90° osisa con irradiazione verticale. La riflessione aumenta di giorno, in conseguenza della più alta ionizzazione, mentre diminuisce nelle ore notturne. La frequenza critica, infatti, può essere dell'ordine dei 12 MHz di giorno, e dei 2 MHz di notte.

I fenomeni della riflessione e della rifrazione avvengono, come già detto, contemporaneamente, ed influiscono quindi entrambi sulle radiotrasmissioni. Entrambi divengono tuttavia sempre meno rilevanti allo aumentare della frequenza; si può quindi definire una « massima frequenza utilizzabile », relativa alle comunicazioni a lunga distanza.

Si tratta della massima frequenza che è possibile utilizzare per effettuare una trasmissione da una certa zona ad un'altra, mediante onda spaziale, indipendentemente dal fatto che si tratti di rifrazione ionosferica. Alla **figura 10** sono rappresentati due diagrammi indi-

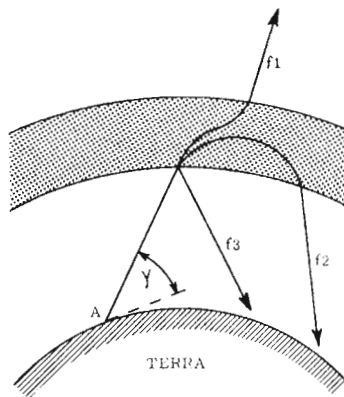



Fig. 9 - Se tre segnali (f_1, f_2, f_3) vengono irradiati col medesimo angolo verso la ionosfera, ma con diversa frequenza, si ha per ciascuno di essi un diverso angolo di rifrazione, tanto maggiore quanto minore è la frequenza del segnale.

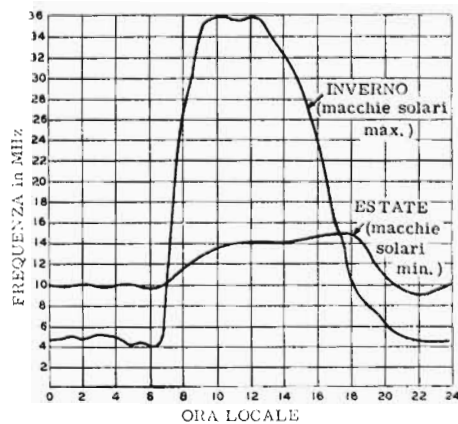



Fig. 10 - Grafico illustrante le diverse frequenze di trasmissione con le quali si ottiene la migliore propagazione, in funzione dell'ora locale, nella stagione invernale e nella stagione estiva. La differenza è dovuta al variare delle macchie solari.

canti la massima utilizzazione, in funzione delle diverse ore del giorno. Dette curve dipendono anche dalla stagione e dalla attività delle macchie solari, ed appunto per questo ne abbiamo rappresentate due, tra le più tipiche: una relativa alla stagione invernale, con massima attività solare, ed un'altra estiva, con attività solare al minimo.

Le figure **11-A**, **B**, **C**, e **D** riassumono il comportamento delle diverse frequenze, quando incontrano gli strati ionosferici. In A sono considerate le onde medie e le onde lunghe: con angoli di irradiazione molto ampi si ha riflessione, che può essere impiegata in trasmissioni a breve portata, mentre con angoli minori si ha anche rifrazione; quest'ultimo fenomeno, tuttavia, non è praticamente utilizzabile, dato che si ha un notevole assorbimento, specie nelle ore diurne, da parte degli strati inferiori della ionosfera. In B si ha il comportamento delle onde corte: i raggi corrispondenti a forti angoli di irradiazione attraversano la ionosfera, quelli ad inclinazione intermedia vengono rifratti, dopo essere profondamente penetrati nella ionosfera, e quelli a scarsa inclinazione vengono riflessi. Il comportamento delle onde cortissime è simile, se si eccettua un minore angolo critico, e quindi una maggiore dispersione nello spazio; la rifrazione avviene senza profonda penetrazione, ed è spesso una vera e propria riflessione (figura 11-C). In D vediamo come le onde ultracorte e le microonde si propaghino pressochè rettilineamente, per qualunque angolo di irradiazione.

Effetto della luce diurna.

L'aumento della ionizzazione, durante le ore diurne, è causa di importanti variazioni nel comportamento delle onde radio. Data la maggiore ionizzazione, si verificano diversi fenomeni. Innanzitutto l'onda riflessa assume particolare importanza, e quindi le zone vicine al trasmettitore ricevono un buon segnale. In secondo luogo, dato che l'onda rifratta, prima di riemergere dalla ionosfera, deve effettuare un percorso notevolmente lungo, e che l'alta ionizzazione apporta notevoli attenuazioni nelle ampiezze delle onde che attraversano la ionosfera, il fenomeno della rifrazione ne risulta notevolmente attenuato. Dato che detto fenomeno è particolarmente importante per la trasmissione nelle zone lontane, ne risulta che, durante il giorno, si ha una migliore ricezione nelle località vicine, dovuta alla migliore riflessione, ed una scarsità di segnale nelle zone più lontane, dato che l'onda rifratta viene, per la maggior parte, assorbita dalla ionosfera.

Il fenomeno dell'assorbimento, tuttavia, è inversamente proporzionale alla frequenza di trasmissione, e pertanto diviene meno rilevante a frequenze relativamente alte. In ragione di ciò è possibile, durante le ore diurne, effettuare comunicazioni via radio anche a lunga distanza, purchè la frequenza sia sufficientemente alta. In questo caso si sfrutta il potere rifrangente degli strati *E*, *F*1 ed *F*2. A conferma di quanto detto, chiunque avrà notato che, durante il giorno è molto difficile ricevere emittenti lontane che trasmettono nella gamma delle onde medie, fatto che invece avviene normalmente nelle ore notturne. Le trasmissioni in onde corte sono invece ricevibili in modo nettamente migliore, anche durante il giorno.

Comunicazioni diurne a frequenza elevata

L'alto grado di ionizzazione dello strato *F*2, durante il giorno, permette un'ottima rifrazione delle onde corte le quali, come già detto, vengono assorbite in misura scarsa. A tali frequenze si rendono pertanto possibili trasmissioni diurne a lunga portata. La **figura 12** mostra come lo strato *F*2 completi il processo di rifrazione, iniziato durante il passaggio attraverso gli strati *E* ed *F*1, rimandando verso terra l'onda trasmessa.

Come si può notare, le onde vengono già parzialmente deviate mentre attraversano gli strati *E* ed *F*1, ma tale deviazione non sarebbe sufficiente a farle tornare sulla terra. Pertanto lo strato *F*2 è essenziale ai fini delle radiotrasmissioni di questo genere. Non si deve pensare che, dato che ad una maggiore frequenza corrisponde un minore assorbimento, le trasmissioni diurne migliorino indefinitivamente all'aumentare della frequenza. Infatti, se si sale oltre un certo limite, esse non sono più possibili, poichè le onde non vengono rifratte sufficientemente per tornare al di sotto della ionosfera, e si perdono nello spazio. Di ciò abbiamo già parlato in precedenza.

La frequenza esatta, da usarsi per comunicare con un'altra stazione, dipende dalle condizioni della ionosfera, nonchè dalla distanza di trasmissione; poichè la ionosfera varia continuamente nelle sue caratteristiche,

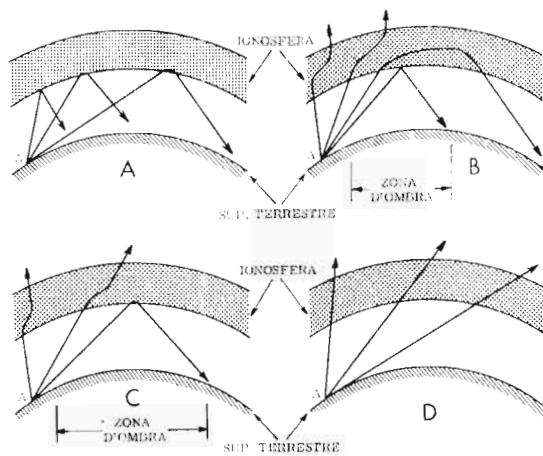



Fig. 11 - Comportamento delle diverse frequenze nei confronti della ionosfera. In A, onde medie e lunghe: in B, onde corte; in C onde cortissime, e in D onde ultracorte. Si noti il diverso grado di rifrazione.

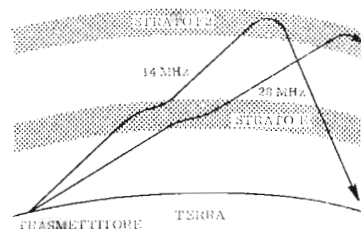



Fig. 12 - Variazione della direzione di propagazione a causa dell'influenza dei diversi strati. Negli strati E ed F1 (quest'ultimo non raffigurato), si ha una rifrazione insufficiente, che viene perfezionata dallo strato F2, per la sola frequenza di 14 MHz.

si fa uso di nomogrammi e di tabelle di frequenza, onde poter scegliere, tenendo conto della distanza alla quale si vuole trasmettere e dell'ora del giorno, la più appropriata frequenza di trasmissione.

Tali tabelle vengono redatte anche in funzione delle condizioni atmosferiche del momento, in base ai dati forniti dai sondaggi che vengono effettuati continuamente nella ionosfera, per mezzo dei cosiddetti « palloni sonda ». Ad intervalli di qualche ora, vengono effettuati dei rilievi circa l'altezza e le caratteristiche degli strati ionosferici, da parte di una catena di osservatori distribuiti in tutte le parti del mondo. Questi dati vengono poi tradotti in grafici che pongono in evidenza l'elettrizzazione e la densità delle zone prese come riferimento, e vengono trasmessi a tutti gli interessati alle radiotrasmissioni.

Grazie a questa rappresentazione sistematica delle caratteristiche della ionosfera, a livello mondiale, è possibile mettere a disposizione degli sperimentatori privati, e dei servizi pubblici di radio comunicazione, tutta una serie di dati orientativi che si traducono, in pratica, in previsioni abbastanza attendibili circa le condizioni di propagazione delle radio onde. Si verificano tuttavia spesso, impreviste forti variazioni istantanee nelle condizioni della ionosfera, che possono apportare gravi inconvenienti nelle comunicazioni radio.

RIFRAZIONE SEMPLICE e MULTIPLA

Esaminiamo la **figura 13**, nella quale è riportato il raggio uscente dal punto *A* con inclinazione nulla. Supponendo che detto raggio venga riflesso o rifratto dallo strato *E*, esso ritornerà sulla superficie terrestre al punto *B*, dopo essere stato riflesso in *D*. Se invece il raggio stesso viene riflesso o rifratto nel punto *G* dello strato *F2*, ossia dello strato più esterno, esso raggiunge la superficie terrestre nel punto *C*. *B* dista da *A* 2000 km, e *C* 4000 km. Queste sono le massime portate che si possono ottenere mediante una sola riflessione, od una sola rifrazione. E' possibile tuttavia ottenere maggiori distanze di propagazione mediante il procedimento illustrato alla **figura 14**. Il raggio trasmesso dal punto *A*, viene rifratto in *B* e successivamente colpisce la superficie terrestre nel punto *C*, ove viene riflesso nuovamente verso la ionosfera. Ha quindi inizio un secondo ciclo eguale al precedente, ed il raggio giunge al ricevitore situato in *E*. E' ovvio che, con questo sistema di propagazione, si possono raggiungere distanze notevoli.

Il tipo di propagazione di cui ora stiamo trattando non è facilmente calcolabile in termini esatti, dato che ci si allontana anche notevolmente dalla semplice rappresentazione geometrica da noi data alla figura 14. E' comunque possibile calcolare, noto il numero delle rifrazioni che si vogliono ottenere e la distanza dal trasmettitore, l'angolo di arrivo delle onde, in modo da orientare opportunamente le antenne dei ricevitori. In genere, è meglio che la ricezione avvenga con un'onda che ha subìto il minor numero possibile di rifrazioni, dato che ogni rifrazione, a causa dell'assorbimento da parte della ionosfera, apporta una notevole diminuzione nell'ampiezza del segnale.

Bisogna inoltre tener conto che gli strati ionosferici, talvolta, apportano anche riflessione, e può capitare, per certi angoli di trasmissione, che il raggio, rinviato verso terra per mezzo di rifrazione dallo strato *F2*, venga ulteriormente riflesso verso l'esterno dallo strato *F1* o dallo strato *E*, come indicato alla **figura 15**. Questo è solo un particolare esempio di ciò che può accadere, dato che, come abbiamo detto, si tratta di un tipo di propagazione notevolmente irregolare, che può dar luogo a fenomeni imprevisti.

PERTURBAZIONI nelle RADIOTRASMISSIONI

Quanto detto finora circa la propagazione delle onde elettromagnetiche rimane, nelle linee generali, valido. Tuttavia esistono molte circostanze che possono provocare delle forti variazioni nel comportamento delle onde elettromagnetiche. Uno dei fenomeni più noti è, a questo proposito, l'evanescenza, detta anche « fading ».

Evanescenza — Col termine « evanescenza » si designa un'insieme di diversi fenomeni, i quali hanno tutti come effetto, delle variazioni, più o meno regolari, nell'intensità del segnale captato dalle antenne dei ricevitori. Le variazioni a lungo periodo sono dovute, di solito, al mutare delle condizioni della ionosfera alle differenti ore del giorno. Si tratta, pertanto, di variazioni periodiche, legate all'altezza del sole sull'orizzonte.

Oltre al citato fenomeno, occorre tener conto del fat-

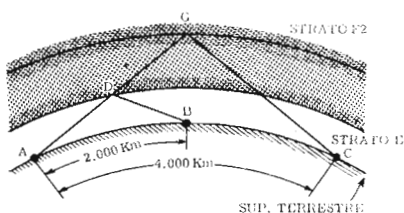



Fig. 13 - Sia A il trasmettitore, e D il punto di rifrazione da parte dello strato E. Il raggio torna sulla terra nel punto B, ossia a 2.000 km. Se invece la rifrazione ha luogo in G (strato F2), il raggio torna sulla terra al punto C (4.000 km).

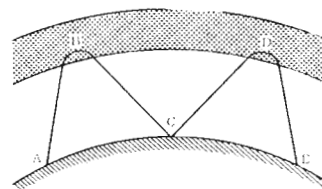



Fig. 14 - Sfruttando anche la riflessione determinata dalla superficie terrestre, si ottiene una propagazione a maggiore distanza. L'onda parte dal punto A; riflessa da B giunge al punto C, e, in seguito ad una ulteriore riflessione, giunge in D, da dove si rivolge ancora verso la terra (E).

to che la ionizzazione dei diversi strati varia continuamente, da zona a zona e da istante ad istante. Da ciò deriva una variabilità dell'angolo di rifrazione, nonchè della percentuale di energia che, invece di essere rimandata a terra, viene assorbita; questo comporta delle variazioni irregolari e rapide nelle condizioni di propagazione e di ricezione. Variano inoltre, fortemente, anche lo stato di polarizzazione, ma di questo fenomeno non ci occuperemo data la sua natura complessa.

Le onde che raggiungono l'antenna del ricevitore sono solitamente costituite da un gruppo di raggi, ciascuno dei quali è stato sottoposto a diverse azioni, nel suo passaggio attraverso la ionosfera. Alcune volte capita che i diversi raggi risultino, nella maggioranza, in fase, e si ha quindi un segnale di ampiezza notevole. In altri istanti essi sono tali da annullarsi l'un l'altro in misura considerevole; e quindi si ottiene un segnale ridotto. Come risultato complessivo, si determina una variazione, di periodicità più o meno accentuata, nella intensità del campo elettromagnetico captato dall'antenna. Tale variazione può verificarsi nel corso di qualche frazione di secondo, come pure può, in altre circostanze, durare anche alcuni minuti.

Un particolare tipo di evanescenza, particolarmente grave nel caso di radiotrasmissioni sia a modulazione di ampiezza che di frequenza, è il cosidetto «fading selettivo». E' questo un fenomeno di attenuazione variabile in funzione della frequenza dell'onda trasmessa. Alcune frequenze risultano, in seguito al «fading» selettivo, più attenuate, altre meno. Ne risulta che, poichè le onde modulate in ampiezza sono costituite, oltre che dalla portante, da due bande laterali dell'ampiezza di 4.5 kHz ciascuna (nella gamma delle Onde Medie), e tali bande laterali sono determinanti ai fini della tra[illegible]ione del segnale a Bassa Frequenza, alcune frequenze del canale possono risultare più attenuate di altre. Ciò determina, come è facilmente intuibile, una forte distorsione nel segnale a Bassa Frequenza. Questa distorsione è particolarmente grave nel caso in cui la portante sia attenuata più fortemente delle bande laterali. Nelle trasmissioni a modulazione di frequenza, questo particolare tipo di evanescenza si dimostra ancora peggiore, specie nelle trasmissioni a canale relativamente ristretto, o su una sola banda.

Il fenomeno del « fading », in genere, varia notevolmente da un ricevitore all'altro, anche nel caso in cui tra essi vi siano solo pochi metri di distanza. Nei ricevitori professionali, quindi, si usufruisce spesso di più antenne disposte ad una certa distanza l'una dall'altra, in modo che, nel caso che il segnale presente su una sia soggetto ad evanescenza, si ricorre momentaneamente ad un'altra, che determina migliori condizioni di ricezione.

Tra le cause più comuni di « fading », oltre a quelle già citate, sono i fenomeni di annullamento determinato dall'onda terrestre che può giungere in opposizione di fase rispetto a quella spaziale, oppure dall'annullarsi dell'onda che giunge dopo aver subito una sola rifrazione quando si somma con quella rifratta due volte.

Tempeste ionosferiche — Sappiamo che l'azione del sole è determinante per quanto riguarda le caratteristiche della ionosfera. Si comprende quindi come le tempeste o le eruzioni che avvengono nella parte più esterna del globo solare possano determinare forti perturbazioni nelle condizioni di ionizzazione della atmosfera terrestre, dette « tempeste ionosferiche ». Esse sono quasi sempre accompagnate da rapide ed irregolari variazioni del campo magnetico terrestre, dette « tempeste magnetiche », anch'esse molto ricche di effetti riguardo la propagazione delle onde radio.

Il principale effetto delle tempeste ionosferiche sulle radio onde è — durante il giorno — una diminuzione nel fenomeno di assorbimento da parte dei diversi strati della ionosfera. Ciò determina un aumento nell'ampiezza del segnale ricevuto, e quindi anche nella portata del trasmettitore. Di notte, invece, l'ampiezza del segnale è al di sotto del normale, ed è paragonabile allo stesso livello normale diurno. Dato che gli strati ionizzati, di notte, possono diminuire notevolmente la loro efficacia, in seguito alle tempeste ionosferiche, può capitare che le onde di frequenza più alta non possano essere ricevute, non risultando rifratte a sufficienza, se gli strati ionosferici hanno caratteristiche inadeguate.

Le tempeste ionosferiche possono variare sia in intensità che in durata. Quest'ultima può variare da un giorno a parecchi giorni. La loro ricorrenza è, salvo casi eccezionali, periodica, essendo legata a particolari gruppi di macchie solari. Tali macchie solari risultano rivolte verso la terra ad ogni periodo di rotazione del sole, ossia ogni 28 giorni.

TIPI DI ANTENNE

Nella lezione teorica sulle antenne abbiamo preso in considerazione, principalmente, il dipolo a mezza onda, detto anche « antenna Hertz », dato che esso rappresenta il più semplice tipo di antenna radio. Ne esistono, tuttavia, moltissimi altri, e la scelta dipende dalla frequenza di trasmissione, dalla potenza che si ha a disposizione, dalla portata che si vuole raggiungere, ed infine dallo spazio disponibile per eseguire l'installazione dell'antenna.

Abbiamo visto che uno stesso tipo di antenna può essere alimentato in diversi modi. Il tipo di alimentazione dipende, principalmente, dalle caratteristiche della linea di trasmissione adottata. Alcune volte — specie nei casi in cui lo spazio a disposizione è limitato — si evita l'uso delle linee di trasmissione, e si collega direttamente un estremo dell'antenna al trasmettitore; in tali circostanze è opportuno, per non diminuire il rendimento, fare in modo che la parte dell'antenna che maggiormente irradia risulti il più possibile in alto, ed in posizione aperta. Un esempio tipico di questa disposizione si ha nel caso delle antenne alimentate ad un solo estremo, dette anche, nel caso in cui siano accordate su mezza lunghezza d'onda, « antenne Fuchs ». Di esse ci occuperemo ora.

Antenne « Fuchs »

Per l'alimentazione di questo tipo di antenna non si ricorre ad una linea di trasmissione. Quest'ultima è invece costituita da una parte dell'antenna vera e propria, che scende fino a collegarsi direttamente al trasmettitore o, meglio, ad un apposito accoppiatore, del tipo di quelli illustrati alla **figura 1**.

Nelle antenne Fuchs, la cui lunghezza complessiva, compreso il tratto in discesa, è pari a mezza lunghezza d'onda, è opportuno siano presenti dei filtri nel circuito di accoppiamento col trasmettitore. Infatti, è caratteristico delle antenne alimentate ad un estremo di non presentare alcuna selettività rispetto alle armoniche di ordine superiore.

Si tratta, come si può notare alla figura 1, di introdurre tra il trasmettitore e l'estremo dell'antenna un appropriato filtro passa-basso, da accordarsi in modo che all'antenna pervenga la sola frequenza fondamentale di trasmissione. L'azione selettiva si può ottenere sia usando il circuito risonante, come in **A**, sia introducendo un filtro del tipo π, come in **B**. E' inoltre visibile, nella stessa figura, un filtro che ha lo scopo di eliminare eventuali interferenze con trasmissioni televisive. Tali filtri vengono usati non solo nel caso delle antenne Fuchs, ma, in generale, in tutti quei casi in cui si ritenga possibile il verificarsi di dette interferenze.

Affinchè il dipolo a mezza onda irradii il massimo di energia elettromagnetica, è necessario che in esso si stabiliscano delle onde stazionarie, come abbiamo visto nella precedente lezione dedicata alle antenne. Per di più, è necessario che le onde stazionarie di tensione siano tali da avere un nodo al centro del dipolo e due ventri ai due estremi; le onde stazionarie di corrente avranno, pertanto, un ventre al centro, e due nodi agli estremi. Le condizioni ora esposte, circa lo stabilirsi di onde stazionarie, valgono anche nel caso di antenne alimentate ad un'estremità.

Si ha però una notevole differenza tra i due tipi di alimentazione presi in considerazione. Infatti, i dipoli vengono alimentati al centro, ossia in un punto in cui la corrente è massima e la tensione è minima, mentre le antenne Fuchs vengono alimentate ad un estremo, ossia in un punto di minima corrente e massima tensione. In ragione di ciò, i due tipi di alimentazione considerati si definiscono, rispettivamente, **alimentazione di corrente** ed **alimentazione di tensione**.

Dato che una parte del conduttore che costituisce una antenna Fuchs si trova, obbligatoriamente, all'interno dell'edificio in cui è il trasmettitore, una parte della potenza irradiata non viene effettivamente inviata nello spazio utile. Perchè si ottenga un rendimento soddisfacente, è necessario che almeno i ¾ del conduttore si trovino all'esterno, ed in una posizione libera da ostacoli circostanti. Ciò vale, evidentemente, per qualunque tipo di antenna, ma in questo caso è particolarmente importante dato che, non avendosi linea di trasmissione, è impossibile disporre l'antenna molto in alto.

L'antenna Fuchs è, come abbiamo visto, del tipo ad alimentazione di tensione. Pertanto nella parte terminale del conduttore, ossia in quella presente all'interno dell'edificio, si trova un'alta tensione a radiofrequenza. Devono essere usate quindi maggiori precauzioni che non nel caso dei dipoli ad alimentazione centrale nei quali, essendo l'alimentazione ad alta corrente e bassa tensione, non si ha forte tensione d'uscita ai terminali del trasmettitore. Le alte tensioni a radiofrequenza, benchè non molto nocive, data la bassa corrente, possono tuttavia provocare, sul corpo umano, vere e proprie «scottature ».

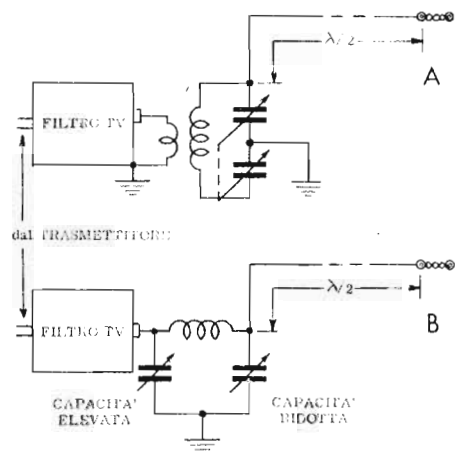



Fig. 1 - Tipi di accoppiatori per antenne « Fuchs ». In A, accoppiatore con circuito risonante, in B, con circuito classico del tipo a «π».

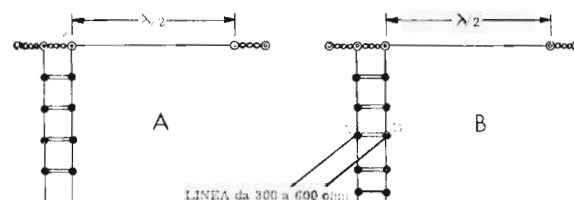



Fig. 2 - Tipi di antenne « Zeppelin ». In A, l'accoppiamento ha luogo tramite una linea di trasmissione a linee parallele, che viene accordata variandone la lunghezza. Tale linea disperde parte dell'energia, per irradiazione. In B, la linea è risonante solo in parte (ultimo tratto), col vantaggio di una minore dispersione di energia ad A. F.

Antenne « Zeppelin »

Si tratta di un'antenna simile a quella descritta nel paragrafo precedente. Infatti, l'alimentazione avviene, anche questa volta, ad un estremo, ma sussiste, tuttavia, un'importante differenza, dato che l'alimentazione viene effettuata a mezzo di una linea di trasmissione. Due tipi di antenne Zeppelin sono rappresentati alle **figure 2-A** e **2-B**. Esse differiscono tra di loro — come vedremo — in ragione di un diverso sistema di accordo della linea di trasmissione.

Certe volte può essere vantaggioso il poter impiegare una medesima antenna con diverse frequenze di trasmissione: è proprio in questi casi che si ricorre all'antenna Zeppelin. Infatti, la sua sintonizzazione sulle diverse frequenze si ottiene, ferma restando la lunghezza del conduttore radiante, accordando la linea di trasmissione. Detta linea, è, in genere, del tipo a fili paralleli, ed il suo accordo viene ottenuto regolandone opportunamente la lunghezza. Si stabiliscono pertanto delle onde stazionarie, e, come fenomeno secondario, si determina una certa dispersione di energia da parte della linea, che irradia onde elettromagnetiche. La disposizione ora descritta è illustrata alla figura 2-A

Volendo eliminare l'inconveniente dell'irradiazione parassita da parte della linea di trasmissione, si ricorre alla disposizione di figura 2-B. In questo caso, la parte principale della linea, ossia il tratto che dal trasmettitore giunge ai punti *A* e *B*, non è risonante, essendo una normale linea a fili paralleli di impedenza compresa tra i 300 ed i 600 ohm. L'ultimo tratto, ossia quello tra i punti *A* e *B* e l'antenna è, invece, accordato, avendo una lunghezza pari ad un quarto della lunghezza d'onda. La connesione della linea non accordata al tratto accordato va eseguita in punti opportuni, scelti in modo da determinare, nella prima, una condizione tale da rendere minima l'ampiezza delle onde stazionarie presenti.

Antenne « Hertz »

Si tratta dei normali dipoli a mezza onda, già noti al lettore. L'accoppiamento di queste antenne al trasmettitore va eseguito con linee di trasmissione collegate al punto centrale del dipolo. Si ha quindi, in questo caso, una alimentazione di corrente. In genere, l'alimentazione viene effettuata con linee non risonanti, e l'adattamento tra queste ultime e l'antenna segue una delle tecniche già esposte nel corso della lezione dedicata alle linee di trasmissione.

Tra i dipoli a mezza onda ricordiamo il tipo verticale. Esso può essere disposto col suo estremo inferiore anche molto vicino alla superficie terrestre, e precisamente ad una distanza dell'ordine del 10% o 20% della lunghezza d'onda. Questa antenna è ottima quando si vogliano ottenere bassi angoli di irradiazione; a questo proposito si vedano i relativi diagrammi di irradiazione, già riportati alla lezione 123ª. I diagrammi di irradiazione ottenuti sul piano orizzontale sono invece simmetrici rispetto a tutte le direzioni. Ne risulta che questa antenna è molto adatta per effettuare trasmissioni mediante onde terrestri, dato che irradia la maggior parte dell'energia nel piano orizzontale, ed in modo omogeneo in tutte le direzioni.

Occorre tuttavia aggiungere che le antenne verticali a mezza onda sono, più di quelle orizzontali, soggette ad interferenze, sia in trasmissione che in ricezione. In quest'ultimo caso, per di più, vengono ricevuti con notevole intensità ogni genere di disturbi, con particolare riguardo a quelli generati da motori elettrici industriali, dato che le onde di questi disturbi sono, di solito, polarizzate verticalmente.

Antenne « Marconi »

Come abbiamo affermato all'inizio, la scelta dell'uno o dell'altro tipo di antenna dipende, in buona misura, dallo spazio che si ha a disposizione, e dalla frequenza di lavoro. Le antenne descritte fino ad ora hanno una lunghezza pari a ½ λ; ciò significa che, nelle trasmissioni a frequenze piuttosto basse, al di sotto dei 4 MHz, in corrispondenza delle quali la lunghezza d'onda del segnale irradiato è dell'ordine di 80 metri, occorrono antenne molto lunghe, dell'ordine cioè di 40 metri.

E' in questo caso che si ricorre con vantaggio alla antenna Marconi, dato che essa ha una lunghezza pari a solo ¼ di λ. Supponiamo, ad esempio, di trasmettere alla frequenza di 3,5 MHz: un'antenna a mezza onda richiede, a tale frequenza, un conduttore irradiante della lunghezza di circa 43 metri; con un'antenna Marconi, invece, sono sufficienti 21,5 metri circa.

E' inoltre da tenere in considerazione un secondo im-

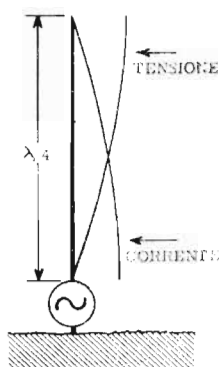



Fig. 3 - Tipo di antenna Marconi. Consente la massima ampiezza dell'onda terrestre.

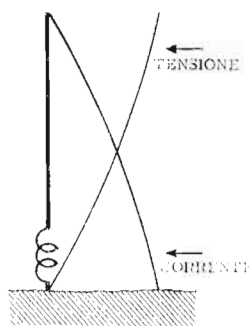



Fig. 4-A - Diminuzione della lunghezza di un'antenna Marconi, mediante aggiunta di carico induttivo.

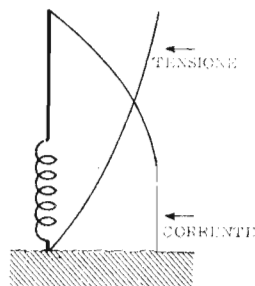



Fig. 4-B - Variazione della corrente, in seguito ad aumento dell'induttanza del carico applicato.

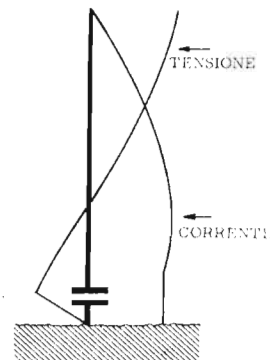



Fig. 4-C - Inserendo una capacità, si può usare una antenna più lunga di 1/4 λ.

portante fattore. Le onde radio a frequenza più bassa si propagano — come si è visto alla lezione precedente — soprattutto mediante onde terrestri. Le onde spaziali vengono infatti fortemente assorbite dallo strato *D* della ionosfera. Ora, essendo l'antenna Marconi costituita da un conduttore disposto verticalmente, come si può vedere alla **figura 3**, ne risulta una maggiore irradiazione nel piano orizzontale, corrispondente ad un angolo di irradiazione di 0°. Ciò corrisponde ad una massima ampiezza dell'onda terrestre.

Vediamo ora di comprendere il principio di funzionamento dell'antenna Marconi. Come sappiamo, la minima lunghezza che può avere un conduttore perchè in esso si stabiliscano onde stazionarie è di λ/2. Si potrebbe pensare che, nel caso dell'antenna Marconi, tali condizioni non siano verificate. Invece, come vedremo, l'antenna Marconi si comporta, in realtà, come un ramo di dipolo a mezza onda. Se osserviamo la figura 3, vediamo che un estremo dell'antenna è collegato a terra. L'alimentazione è applicata mediante un accoppiamento induttivo. Dato che la massa terrestre è enorme, essa si comporta come un conduttore in risonanza con qualunque frequenza. Si può pertanto immaginare il sistema antenna Marconi-Terra come un dipolo a mezza onda, un ramo del quale sia l'antenna, e l'altro la Terra. Nell'antenna si stabilisce, pertanto, un ventre di corrente (nodo di tensione) nel punto di alimentazione ed un nodo di corrente (ventre di tensione) nell'estremo opposto.

Introducendo un carico, è possibile accorciare ulteriormente la lunghezza dell'antenna Marconi. Alle **figure 4-A** e **4-B** si vede la distribuzione delle correnti e delle tensioni in due casi corrispondenti a lunghezze inferiori a λ/4. Il carico viene introdotto per compensare la diminuzione di lunghezza, e far sì che l'antenna risuoni alla stessa frequenza. Infatti, quando un'antenna ha una lunghezza inferiore a quella di accordo, presenta — come sappiamo — una reattanza capacitiva; per compensare tale reattanza occorre appunto introdurre una reattanza induttiva.

Analogamente, vediamo come si possa utilizzare un conduttore più lungo di λ/4. Il caso è illustrato alla figura 4-**C**. Come sappiamo, se il conduttore è troppo lungo, si determina una reattanza induttiva, ed è pertanto necessario aggiungere un condensatore, avente lo scopo di introdurre una reattanza capacitiva eguale e contraria. La distribuzione delle onde stazionarie di corrente e di tensione è, in questo caso, modificata in senso opposto al precedente, ossia si può rilevare, lungo il conduttore, più di un quarto di onda stazionaria.

Connessione di massa — Dato che l'antenna Marconi ha un'alimentazione di corrente, e che detta alimentazione viene effettuata all'estremo inferiore, in prossimità della connessione di massa, risulta che quest'ultima è percorsa dalla massima corrente: pertanto, se si vuole ottenere un buon rendimento, è necessario che essa presenti la minima resistenza.

Una buona connessione di massa può essere effettuata costruendo una raggiera di fili, come indicato alla **figura 5**. Il numero dei raggi può variare da un minimo di 15-20 ad un massimo di 120 (valore ideale), e la lunghezza di ciascun conduttore deve essere pari ad almeno mezza lunghezza d'onda. Operando con meno di 15 conduttori, si ottengono resistenze verso massa troppo elevate, e il rendimento risulta scarso. Il sistema così costruito può venire sotterrato, ed è in certo qual modo simile alle radici di un albero; con risultato egualmente buono, si possono però tendere tutti i conduttori al di sopra della superficie terrestre, mantenendoli isolati da essa. Nel primo caso si ha un vero e proprio contatto elettrico di massa, mentre nel secondo si ha il cosiddetto sistema « a contrappeso », che assicura il passaggio alla corrente a radiofrequenza attraverso la capacità verso massa distribuita lungo tutti conduttori a raggiera.

Carico all'estremità superiore — Data la difficoltà di ottenere una resistenza verso massa effettivamente bassa, è preferibile fare in modo che l'antenna presenti un'alta resistenza di irradiazione. La resistenza di irradiazione dipende dalla lunghezza dell'antenna come si può notare nel diagramma di **figura 6**. Per fare in modo che l'antenna abbia un'alta resistenza di irradiazione, è spesso utile introdurre dei carichi di tipo induttivo. Tali carichi, come abbiamo visto, fanno in modo che l'antenna si comporti come avesse una lunghezza maggiore di quella reale. Da questo punto di vista, non ha alcuna importanza la disposizione del carico. Questo può essere introdotto all'estremità inferiore, come nel caso della figura 4-A, oppure all'estremità superiore.

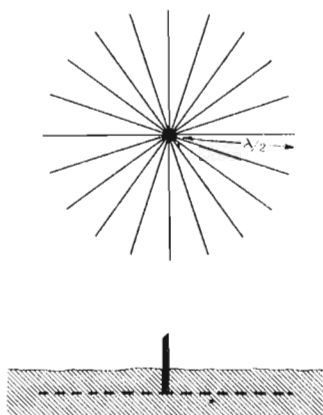
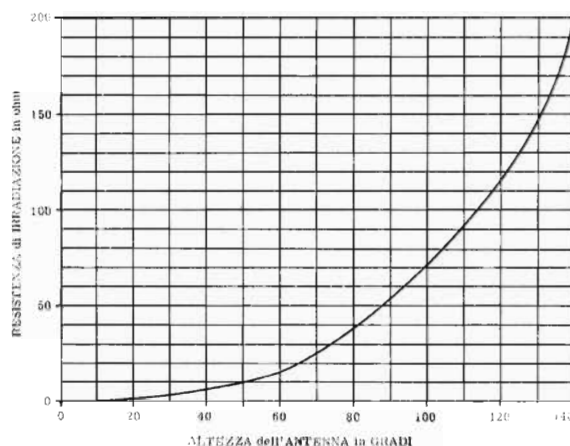



Fig. 5 - Esempio di collegamento a massa, effettuato mediante una raggiera di conduttori (da un minimo di 15 a un massimo di 120), sotterrata.

Fig. 6 - Resistenza di irradiazione, in funzione delle dimensioni, dell'antenna Marconi in senso verticale. La lunghezza può essere espressa in gradi, o in sottomultipli di « lambda ». Infatti, 90° equivale a $1/4\ \lambda$, 135° a $3/8\ \lambda$, ecc.

Quest'ultima disposizione, illustrata alle **figure 7-A** e 7-**B**, risulta tuttavia più vantaggiosa se si tiene conto che comporta uno spostamento verso l'alto, dei punti di massima corrente. In tal modo, in corrispondenza della resistenza verso massa, la corrente è inferiore, e quindi si ha una minore dissipazione di potenza.

Un altro effetto della disposizione di un carico induttivo all'estremo superiore riguarda la direttività dell'antenna. Si ottiene, in questo modo, una maggiore percentuale di energia emessa con bassi angoli di irradiazione: ciò comporta un notevole rinforzo dell'onda terrestre, il che è vantaggioso poichè, come sappiamo, l'antenna Marconi viene usata principalmente per trasmissioni a frequenze piuttosto basse, e quindi fondate quasi interamente sulla propagazione dell'onda terrestre.

Antenne a spira chiusa

Si tratta di antenne costituite da una o più spire di filo conduttore; i due terminali liberi vengono collegati alla linea di alimentazione. I dipoli bifilari, da noi descritti in precedenza, appartengono a questa categoria di antenne. Essi si possono infatti considerare costituiti da una spira rettangolare, ai terminali della quale viene collegata la linea di trasmissione.

Vediamo ora di illustrare in qual modo avvenga l'irradiazione di onde elettromagnetiche da parte di antenne del tipo a spira chiusa. Si possono distinguere due casi, a seconda che le dimensioni delle spire e la lunghezza totale del conduttore siano molto piccole, rispetto alla lunghezza d'onda del segnale, oppure siano paragonabili ad essa.

Spire piccole — Un conduttore avvolto in spire molto piccole, rispetto alla lunghezza d'onda del segnale che lo percorre, può essere considerato come una semplice bobina. Anche la distribuzione delle correnti e delle tensioni che si stabilisce su di esso è molto simile a quella che si riscontra in una normale bobina per radiofrequenza. Ciò significa che — in pratica — la corrente ha lo stesso valore e la stessa fase in tutti i punti del circuito.

Le spire possono essere avvolte in modo qualunque, (ad esempio in forma circolare, quadrata o triangolare) senza che ciò apporti alcuna sostanziale differenza nella distribuzione delle correnti. E' invece essenziale che la lunghezza complessiva del conduttore avvolto non superi un certo limite, se si vuole che detta distribuzione non cominci ad avvicinarsi a quella che si riscontra nelle linee di trasmissione e nelle antenne, già a noi nota. In questo senso, si può parlare di « antenne a spire piccole » finchè la lunghezza complessiva del conduttore non supera il 10% della lunghezza d'onda.

Alla **figura 8** è riportata una spira rotonda. Essa si comporta come una comune induttanza, ed è accordabile sulla frequenza appropriata mediante il condensatore variabile presente ai suoi terminali. Questo particolare tipo di antenna, come in generale tutte le spire piccole, non è molto adatto alla trasmissione, perchè presenta una resistenza di irradiazione molto bassa: le perdite dovute alla resistenza ohmica e ad altre cause parassite, assurgono perciò a livelli molto elevati. E' invece adatta come antenna ricevente, e ciò per le ragioni che ora esporremo.

Innanzitutto, pur fornendo prestazioni inferiori al dipolo a mezza onda, l'antenna a spira presenta una efficacia nettamente superiore all'antenna costituita da uno spezzone di conduttore di lunghezza non accordata, come è frequente incontrare nei radioricevitori. In secondo luogo, la presenza del condensatore variabile consente di accordare il circuito alla frequenza di ricezione prescelta, e pertanto, con una medesima antenna, ci si può accordare con risultati egualmente buoni su emissioni di diverse frequenze.

Infine, dato che il diagramma di irradiazione, e quindi anche di ricezione, di una spira del genere è notevolmente direttivo, è possibile usare questo tipo di antenna come radiogoniometro. A questo scopo, si accorda il condensatore variabile sulla frequenza desiderata, e si ruota la spira per la posizione del massimo segnale: ciò significa che la direzione della spira, vale a dire, in questo caso dell'antenna, corrisponde alla direzione del trasmettitore. Si ha quindi, nota la posizione del trasmettitore, la possibilità di utilizzare una antenna di questo genere come una bussola; in pratica, specialmente nel campo della navigazione, esistono effettivamente dei radioricevitori la cui funzione essenziale è di indicare l'orientamento rispetto ad un trasmettitore costiero di posizione nota.

La schermatura che si vede all'esterno del condut-

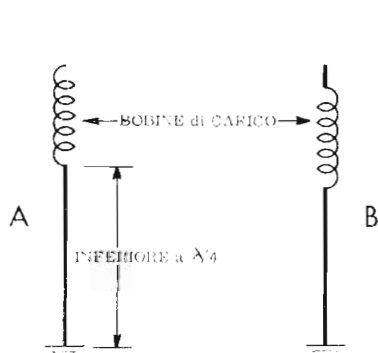



Fig. 7 - Applicazione del carico direttamente all'estremità superiore (A), ed in prossimità di tale estremo (B).

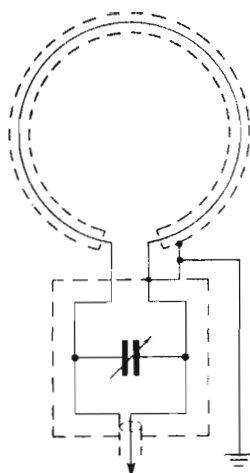
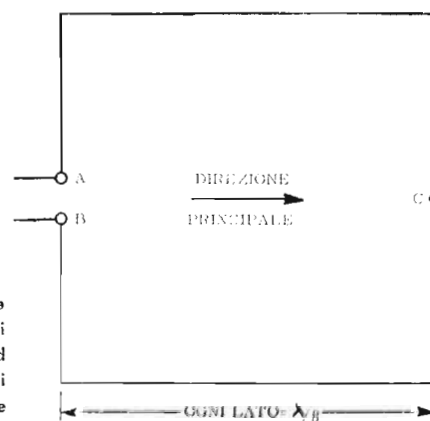



Fig. 8 - Antenna a spira rotonda, accordabile mediante la capacità variabile. La schermatura evita la captazione del campo elettrico.

Fig. 9 - Antenna a spira quadra, di lunghezza pari ad 1/2 λ. La linea di trasmissione viene applicata tra A e B.

tore, in figura 8, ha lo scopo di eliminare la captazione del campo elettrico. Infatti, la maggior parte dei disturbi e delle interferenze vengono indotti nelle antenne riceventi attraverso variazioni del campo elettrico. Inoltre, se non fosse presente la schermatura, anche al di fuori della frequenza di accordo, l'antenna riceverebbe egualmente un forte segnale, comportandosi in tal caso come un'antenna ricevente costituita da un semplice conduttore disaccordato.

Naturalmente, perchè la ricezione possa avvenire, occorre che lo schermo sia formato da materiale non ferromagnetico, ad esempio rame o alluminio: in caso contrario, la schermatura agirebbe anche rispetto ai campi magnetici, e pertanto, nel conduttore interno, non si avrebbe più alcuna tensione indotta.

Spire a mezza onda — Quando la lunghezza complessiva del conduttore comincia ad essere paragonabile alla lunghezza d'onda del segnale, si ottiene un netto cambiamento nelle condizioni elettriche del circuito. Prendiamo in considerazione, ad esempio, la spira rappresentata alla **figura 9**. Si tratta di una spira quadrata costituita da un conduttore avente una lunghezza complessiva pari a mezza lunghezza d'onda; ciò corrisponde ad 1/8 di lunghezza d'onda per ogni lato del quadrato.

Quando una spira di questo genere viene alimentata al centro di uno dei lati, si determina in essa un certo flusso di corrente. La distribuzione della corrente non è più, in questo caso, uniforme, ma assume un andamento simile a quello che si manifesta in un conduttore rettilineo a mezza onda. Ciò significa che si determina un ventre di corrente al centro del lato opposto a quello in cui sono presenti i terminali A e B di alimentazione, ossia nel punto C, e due nodi ai terminali stessi. Questa particolare condizione elettrica fa sì che il campo sia massimo nel piano della spira, e nella direzione rivolta dai terminali A e B verso il lato opposto. La resistenza di irradiazione di un'antenna di questo genere è dell'ordine dei 50 ohm. Ciò è valido se la resistenza di irradiazione viene misurata in un ventre di corrente, ossia nel punto C. Se invece misuriamo l'impedenza nei punti A e B, in cui la corrente è minima e la tensione è massima, si può riscontrare un valore dell'impedenza molto più elevato, dell'ordine di varie migliaia di ohm.

Le antenne di questo genere possono essere usate anche come trasmittenti. La loro direttività non è molto spinta; ad esempio, mentre i diagrammi di irradiazione di un dipolo a mezza onda o di una spira piccola presentano alcune direzioni in cui l'irradiazione è nulla, nel caso della spira quadrata a mezza onda, si ha irradiazione in tutte le direzioni. Infatti, essa è massima nella direzione di cui si è detto, ma continua a sussistere, benchè in misura inferiore, anche nella direzione perpendicolare ed in quella opposta.

Spire ad onda intera — Le spire quadrate che presentano una lunghezza complessiva pari ad una intera lunghezza d'onda, hanno delle caratteristiche diverse da quelle accordate su mezza lunghezza d'onda. Innanzitutto l'alimentazione puo essere effettuata sia interrompendo un lato nel suo punto centrale, sia interrompendo un vertice. Per quanto riguarda la direttività, inoltre, si nota la differenza essenziale. Infatti, mentre la spira a mezza onda presenta la direzione di massima irradiazione nel piano stesso della spira, quella ad onda intera presenta, in tale piano, una irradiazione minima.

La direzione principale di una spira quadrata ad onda intera corrisponde alla perpendicolare al piano della spira, e le onde emesse hanno una polarizzazione diversa, secondo il punto in cui è effettuata l'alimentazione. Se infatti si alimenta la spira al centro di un lato, la polarizzazione è verticale, mentre se la si alimenta ad un vertice, essa è orizzontale.

ANTENNE DIRETTIVE

Guadagno — Abbiamo detto che tutte le antenne, anche i tipi più semplici, hanno una irradiazione direttiva, ossia variabile in funzione della direzione. Abbiamo anche definito il concetto di antenna isotropica. Supponiamo ora di applicare ad un tale tipo di antenna una certa potenza, che determinerà un campo elettromagnetico di intensità uniforme in tutte le direzioni; in seguito, sostituiamo l'antenna isotropica con un'antenna reale, pur mantenendo costante la potenza applicata e la posizione. Ne risulterà un diagramma di irradiazione diverso, dal quale si possono in ogni caso rilevare le direzioni in cui l'intensità del campo irradiato è mag-

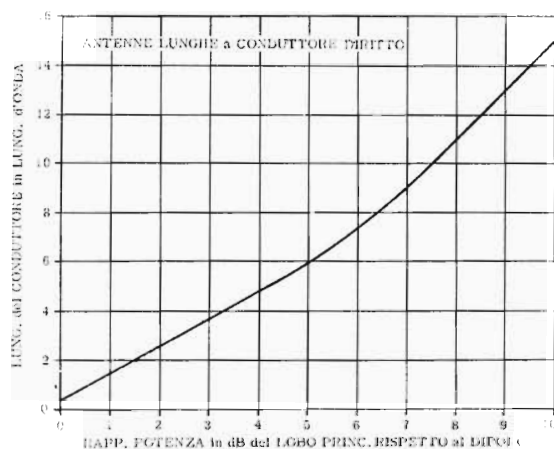



Fig. 10 - Diagramma illustrante il rapporto di potenza, nella direzione principale, di una antenna a filo lungo, rispetto a un dipolo, in funzione della lunghezza dell'antenna stessa.

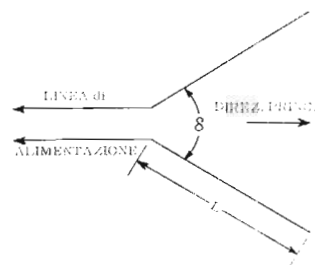



Fig. 11 - Esempio di antenna a « V », costituita — in pratica — da due antenne a filo lungo disposte con un certo angolo tra loro. Variando l'angolo « δ », si possono far coincidere le due direzioni principali di propagazione, a vantaggio del rendimento.

giore di quella corrispondente nel caso dell'antenna isotropica, e altre in cui è minore. E' questo il fenomeno della direttività, di cui si è detto.

Consideriamo ora la direzione in cui l'irradiazione è massima (direzione principale) e misuriamo l'intensità del campo in un punto dello spazio corrispondente a tale direzione. Il rapporto tra tale intensità e quella corrispondente che si ottiene con un'antenna isotropica viene denominato **guadagno dell'antenna**. Più alto è il guadagno, più alta è l'irradiazione nella direzione principale. Se indichiamo con E_1 l'intensità del campo in un certo punto dello spazio corrispondente alla direzione principale, e con E_2 l'intensità corrispondente, nello stesso punto, all'irradiazione mediante l'antenna isotropica, il guadagno risulta espresso dalla formula:

$$G = E_1 : E_2$$

Allo stesso modo, si perviene a definire un « guadagno di potenza » G_P. Se teniamo conto che la potenza è proporzionale al quadrato della tensione, e che questa ultima è proporzionale all'intensità del campo, il guadagno di potenza diviene:

$$G_P = P_1 : P_2 = E_1^2 : E_2^2 = (E_1 : E_2)^2$$

Ad esempio, se il campo prodotto da un'antenna è il doppio di quello prodotto da un'antenna isotropica, il guadagno di G è 2, ed il guadagno in potenza G_P è $(2)^2 = 4$. Ciò significa che, per ottenere, nello stesso punto, la medesima intensità di campo anche con una antenna isotropica, occorrerebbe applicare ad essa una potenza quattro volte superiore. Di solito, è conveniente esprimere il guadagno di una antenna in dB.

Molte volte, specie quando la trasmissione è indirizzata in modo particolare verso una determinata direzione, come ad esempio nei collegamenti a mezzo ponte radio, il guadagno di un'antenna è decisivo, dato che determina, in misura rilevante, la portata della trasmissione. Si studiano pertanto delle antenne particolari, spesso ad elementi radianti multipli, che consentono di ottenere guadagni molto elevati. Esaminiamo brevemente i principi generali e descriviamo alcuni tipi particolari di antenne direttive.

Principi generali — La direttività può interessare sia l'angolo di irradiazione nel piano verticale che quello nel piano orizzontale. E' infatti in considerazione delle diverse intensità di campo irradiate nelle diverse direzioni relative al piano orizzontale che una antenna irradia più o meno energia elettromagnetica verso una certa stazione ricevente per mezzo di onde terrestri; la direttività verticale, invece, entra in gioco soprattutto nelle trasmissioni mediante onda spaziale, dato che, come sappiamo, occorre che queste trasmissioni vengano effettuate con un angolo di irradiazione verticale adeguato alle condizioni ionosferiche, in modo che si possa ottenere la rifrazione desiderata.

Tutte le antenne, eccettuate quelle disposte in senso verticale, presentano una maggiore o minore direttività nel piano orizzontale. Tale direttività può essere aumentata mediante sistemi costituiti da più elementi, ciascuno dei quali contribuisce a rafforzare il campo nella direzione principale di irradiazione prescelta. Le condizioni di ottima direttività si raggiungono, con maggior facilità a frequenze di trasmissione molto elevate, anche in ragione della diminuzione nelle dimensioni degli elementi accordati.

Antenne a filo lungo — Si tratta di antenne costituite da un solo elemento, alimentate in modo simile ad un dipolo a mezza onda. Esse hanno una lunghezza corrispondente ad un multiplo piuttosto elevato di mezza lunghezza d'onda. Come si può osservare nei diagrammi di irradiazione riportati alla lezione 123ª, relativi a conduttori di diverse lunghezze, si trova che, con l'aumentare della lunghezza di accordo della antenna, aumentano anche le sue proprietà direttive. Infatti, benchè il diagramma di irradiazione si scinda, con l'aumentare della lunghezza del conduttore, in un certo numero di lobi, esistono sempre due lobi principali, in corrispondenza dei quali si ottiene un guadagno molto pronunciato.

Un secondo vantaggio che presentano le antenne a filo lungo consiste nella possibilità di utilizzarle per trasmissioni su diverse frequenze. Mentre, nel caso del dipolo a mezza onda, la frequenza di accordo risulta molto critica, essa può già variare entro limiti più ampi in antenne accordate sul doppio della lunghezza d'onda. Man mano che si aumenta la lunghezza di accordo, la frequenza di trasmissione diviene sempre meno critica, fino a che si riesce a coprire, con una medesima antenna, una banda di frequenze di trasmissione relativamente ampia.

Le antenne a filo lungo presentano anche inconve-

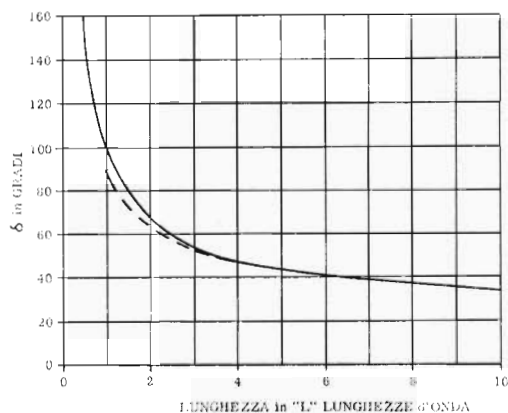
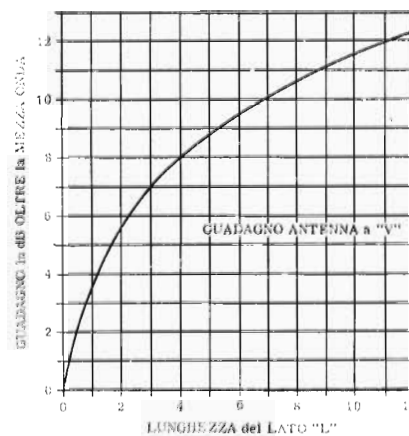



Fig. 12 - Diagramma per il calcolo dell'angolo « δ », in funzione della lunghezza dei due rami dell'antenna a « V », espressa in lunghezze d'onda.

Fig. 13 - Diagramma illustrante il guadagno in dB di un'antenna a « V », di lunghezza maggiore di 1/2 λ, rispetto a quello di un dipolo a mezza onda.

nienti, specialmente alle frequenze più basse; esse richiedono infatti, date le dimensioni notevoli, corrispondenti a diverse lunghezze d'onda, uno spazio di installazione molto ampio. Inoltre, per la stessa ragione, è necessaria una struttura meccanica più solida, onde sostenere il maggiore peso del sistema irradiante.

L'alimentazione di un'antenna a filo lungo può essere sia di corrente che di tensione. Nel caso dell'alimentazione di corrente il conduttore va interrotto in corrispondenza di un ventre di corrente, ed ai due terminali così ottenuti si applica, mediante un opportuno adattamento, l'uscita della linea di trasmissione. L'alimentazione di tensione deve invece essere applicata ad un estremo, ossia ad un punto in cui è presente un ventre di tensione; essa può essere effettuata sia mediante una linea di trasmissione, sia portando un estremo del conduttore che costituisce l'antenna, fino all'interno del locale ove è situato il trasmettitore. Quest'ultima disposizione è perciò simile a quella relativa all'antenna Fuchs.

Come abbiamo detto, la direttività che presenta un'antenna a filo lungo è nettamente superiore a quella di un dipolo a mezza onda. Ciò significa che essa offre un maggiore guadagno. Dato che il dipolo a mezza onda è il più semplice tipo di antenna, i guadagni di tutti i tipi più direttivi si esprimono, spesso, in rapporto al guadagno del dipolo a mezza onda. Ad esempio, alla **figura 10**, vediamo un diagramma che indica, in funzione della lunghezza, il diagramma di un'antenna a filo lungo in rapporto al guadagno ottenuto con un dipolo a mezza onda.

Antenne a « V » — Anche queste antenne rientrano, in un certo senso, nella categoria precedente, dato che sono praticamente costituite da due antenne a filo lungo collegate ad un estremo ed aperte all'altro lato. I due conduttori formano tra di loro un certo angolo δ, come si può notare alla **figura 11**. Scegliendo opportunamente l'ampiezza dell'angolo δ è possibile fare in modo che le direzioni relative ai lobi di irradiazione principali dei due conduttori coincidano tra di loro. In altre parole, si tratta di fare in modo che entrambi i rami della « V » irradino nella medesima direzione, e quindi si rinforzino l'un l'altro.

Il valore esatto dell'angolo δ può venire ricavato sperimentalmente, oppure può essere ottenuto mediante il diagramma riportato alla **figura 12**. E' ivi riportata, sull'asse delle ascisse, la lunghezza del conduttore espressa in multipli L della lunghezza d'onda λ. In ordinata si legge, in corrispondenza, il migliore valore dell'angolo δ calcolato teoricamente (curva a tratto pieno). Per lunghezze di L inferiori a 3 λ, si è trovato che, in pratica, si ottengono migliori risultati con angoli leggermente inferiori a quelli calcolati teoricamente. Vediamo infatti che la curva tratteggiata, che corrisponde appunto ai valori pratici relativi al massimo guadagno, al di sotto di 3 λ si stacca da quella a tratto pieno.

Per quanto riguarda la lunghezza L dei due rami della « V », è necessario che essa sia un multiplo esatto di λ/2. Tuttavia, per ottenere un'ottima direttività, è bene che essa sia pari a diverse lunghezze d'onda. Ciò si può rilevare osservando l'andamento della curva di **figura 13**, che riporta il guadagno di un'antenna a « V », espresso in decibel, rispetto al guadagno di un'antenna a dipolo a mezza onda. Se si confronta tale curva con quella di figura 10, relativa al guadagno di un'antenna a filo lungo semplice, si nota un forte aumento nel guadagno, e quindi anche nella direttività.

L'antenna a « V » viene in genere disposta parallelamente al suolo, ossia con entrambi i rami contenuti in un medesimo piano orizzontale. L'altezza di tale piano, rispetto alla superficie terrestre, deve essere di almeno mezza lunghezza d'onda. I migliori risultati si sono ottenuti con altezze corrispondenti ad una intera lunghezza d'onda.

Antenne rombiche — Queste antenne si possono suddividere in due categorie fondamentali: « antenne rombiche risonanti » ed « antenne rombiche non risonanti ». Iniziamo dallo studio delle prime.

La forma di un'antenna rombica risonante è illustrata alla **figura 14**. Si tratta di due conduttori piegati ad angolo, formanti, nel loro insieme, un rombo aperto in corrispondenza di due vertici opposti. Ad uno dei vertici è applicata la linea di alimentazione, mentre i due terminali corrispondenti all'altro estremo rimangono liberi. Naturalmente, i conduttori vengono disposti in modo da risultare complanari tra loro.

L'antenna rombica risonante è simile, nelle proprietà direttive, all'antenna a « V », però è preferibile

Fig. 14 - Esempio di antenna rombica risonante; i cavi sono sul medesimo piano.

Fig. 16 - Diagramma illustrante la direttività di una antenna rombica non risonante (monodirezionale).

Fig. 15 - Tipo di antenna rombica non risonante. Il vertice opposto alla linea di trasmissione è chiuso su una resistenza (R) di circa 600 ohm.

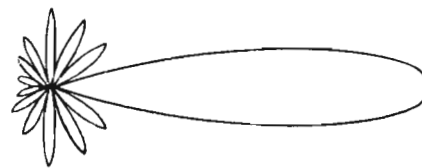
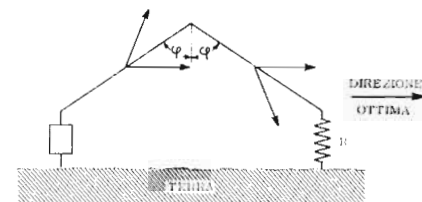



Fig. 17 - Disposizione di mezza antenna rombica non risonante, adatta per ottenere il diagramma di irradiazione di figura 16.

ad essa in quanto, a parità di lunghezza complessiva dei conduttori che la costituiscono, presenta un maggiore guadagno. Ciò significa che un'antenna rombica il cui lato L corrisponde a 4 lunghezze d'onda, ha un maggiore guadagno di un'antenna a « V » il cui lato è pari a 8 lunghezze d'onda. Inoltre, l'antenna rombica ha un diagramma di irradiazione che è meno influenzato da variazioni nella frequenza di trasmissione: pertanto essa può essere impiegata entro una più vasta gamma di frequenze dell'antenna a « V ». Lo svantaggio fondamentale dell'antenna rombica riguarda la sua costruzione meccanica. E' necessario un sostegno in più (quattro sostegni, contro i tre sufficienti per un'antenna a « V »).

Per quanto riguarda la progettazione di un'antenna rombica risonante, si può ricorrere al medesimo metodo esposto a proposito delle antenne a « V ». La lunghezza L di ciascun braccio si sceglie in modo che sia un multiplo di $\lambda/2$, e l'angolo δ si determina anche questa volta mediante i diagrammi di figura 12. L'intero sistema d'antenna va disposto su di un piano parallelo alla superficie terrestre, ad una distanza pari a circa una lunghezza d'onda.

Il principio di funzionamento di un'antenna rombica è molto semplice, e del tutto analogo a quello dell'antenna a « V » precedentemente considerata. Si tratta di scegliere l'angolo δ in modo che le quattro direzioni principali di irradiazione dei quattro lati del rombo coincidano, dando luogo, pertanto, ad una direttività complessiva molto pronunciata. Essa è relativa, questa volta, a due direzioni principali, di cui la prima è opposta alla seconda, indicate, nella figura 14, dalle frecce. Si tratta, quindi, di un'antenna « bidirezionale ».

L'alimentazione di questo tipo di antenna dipende dalle gamme in cui essa viene usata. Se si usa in una sola gamma, è sufficiente una linea di trasmissione non risonante, mentre nel caso in cui si voglia impiegarla in più bande, è bene ricorrere alle linee di trasmissione risonanti, come già visto a proposito dell'antenna Zeppelin.

Le onde irradiate da un'antenna rombica sono, sia nel piano di irradiazione orizzontale che contiene il rombo, sia in quello verticale che lo divide a metà, polarizzate orizzontalmente. La disposizione orizzontale dell'antenna che dà luogo a queste condizioni di polarizzazione, è impiegata quasi universalmente nelle gamme delle onde medie e delle onde corte. Quando un'antenna a rombo è progettata per funzionare nella gamma VHF (onde cortissime), è possibile disporla anche verticalmente, date le sue minori dimensioni di ingombro, ed è pertanto possibile ottenere onde polarizzate verticalmente.

Sebbene simili alle antenne risonanti nella loro struttura meccanica, le antenne rombiche non risonanti si differenziano nettamente dalle prime per quanto riguarda il loro comportamento elettrico. Infatti, come si può osservare alla **figura 15**, i due terminali del rombo opposti al vertice di alimentazione non sono liberi, ma chiusi su di una resistenza R. Il valore della resistenza R di chiusura che risulta, per solito, più adatto, si aggira attorno ai 600 ohm.

Alla citata diversità elettrica tra i due tipi di antenne rombiche, corrisponde anche una diversità nei diagrammi di irradiazione. L'antenna rombica non risonante è infatti unidirezionale, ossia presenta una sola direzione principale; ciò in contrasto con l'antenna risonante che è, come abbiamo visto, bidirezionale. Come si può notare osservando la figura 15, la direzione principale dell'antenna non risonante coincide con una delle due direzioni proprie dell'antenna risonante, ossia con quella rivolta dal vertice in cui è collegata la linea di alimentazione, verso il vertice opposto.

La caratteristica di direttività di un'antenna rombica non risonante è rappresentata dal diagramma di **figura 16**. Vediamo di comprendere come sia possibile ottenere un tale diagramma di irradiazione. Consideriamo per questo l'antenna rappresentata in **figura 17**. Essa è equivalente ad una metà di antenna rombica non risonante, e ciascuno dei due tratti di conduttore irradia nelle due direzioni principali indicate dalle frecce. Se si sceglie opportunamente l'angolo φ tra i due lati irradianti, si può fare in modo che, come in figura, due delle direzioni principali coincidano tra di loro. Passiamo ora all'antenna rombica, ed immaginiamo che essa sia costituita da due antenne del tipo di figura 17 disposte l'una a fianco dell'altra in modo simmetrico. Ne segue che anche gli altri due lati avranno due direzioni principali corrispondenti tra di loro: inoltre, tali direzioni corrispondono anche, come è ovvio, a quelle comuni ai primi due lati, e la direttiva risulta pressochè quadruplicata, rispetto ad un solo lato.

DOMANDE sulle LEZIONI 124ª e 125ª

N. 1 —
In quale direzione reciproca avviene la propagazione del campo elettrico e di quello magnetico di un'onda?

N. 2 —
Cosa si intende per polarizzazione di un'onda? Come si distingue?

N. 3 —
In quale modo vengono sfruttate — nelle radio comunicazioni — le onde spaziali e le onde terrestri?

N. 4 —
In quante parti può essere suddivisa l'onda terrestre irradiata da un'antenna?

N. 5 —
Da che cosa è resa possibile la comunicazione a lunga distanza mediante onde spaziali rivolte verso l'alto?

N. 6 —
Cosa si intende per « ionosfera »? Dove si trova rispetto alla superficie terrestre?

N. 7 —
In quanti strati può essere divisa la ionosfera?

N. 8 —
Cosa si intende per « zona di silenzio »? Da che cosa è delimitata rispetto alla zona di propagazione?

N. 9 —
In cosa consiste il fenomeno dell'evanescenza? A che cosa è principalmente dovuto?

N. 10 —
Quale è la caratteristica più saliente delle antenne del tipo « Fuchs »?

N. 11 —
Quale differenza sussiste tra l'alimentazione di corrente e l'alimentazione di tensione di un'antenna?

N. 12 —
Per quale motivo le antenne Marconi sono — per l'impiego con onde relativamente lunghe — preferibili alle antenne « Fuchs » e « Zeppelin »?

N. 13 —
In quale modo è possibile aumentare la resistenza di irradiazione di un'antenna?

N. 14 —
Per quale motivo un'antenna a spira rotonda piccola è più adatta per la ricezione che non per la trasmissione?

N. 15 —
In base a quale principio le antenne a spira chiusa (o a telaio) consentono di individuare la direzione di provenienza dei segnali a radiofrequenza ricevuti?

N. 16 —
In quale modo viene definito il guadagno di un'antenna? Come viene espresso?

N. 17 —
In quale modo è possibile rendere massima la portata e la direttività di un'antenna a « V »?

N. 18 —
Quale è la differenza tra un'antenna rombica risonante e un'antenna rombica non risonante?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 977

N. 1 — Un conduttore teso nello spazio. A seconda del tipo di apparecchio cui fa capo, capta l'energia dallo spazio o la irradia in esso.

N. 2 — Dalla lunghezza del conduttore che la costituisce, nonchè dall'intensità della corrente che circola nel conduttore.

N. 3 — Quando le sue caratteristiche sono tali da consentire l'accordo sulla frequenza del segnale, ossia quando essa risuona su detta frequenza.

N. 4 — Quando la lunghezza del conduttore è pari alla metà della lunghezza d'onda del segnale, oppure ad un multiplo di tale valore.

N. 5 — Si ha un « nodo » di corrente o di tensione nei punti (lungo il conduttore) nei quali il valore è pari a zero, ed un « ventre » nei punti in cui il valore è massimo.

N. 6 — Il Rapporto Onde Stazionarie è il rapporto tra i valori massimo e minimo che la tensione del segnale assume lungo il conduttore.

N. 7 — Perchè la velocità di propagazione della radiofrequenza in un conduttore è inferiore a quella che si verifica nell'aria; essendo la lunghezza d'onda calcolata in base alla velocità nell'aria, è ovvio che nel conduttore detta lunghezza risulti minore.

N. 8 — Un'antenna il cui conduttore è interrotto al centro, ossia nel punto in cui viene connessa la linea di trasmissione.

N. 9 — Il rapporto tra la tensione e la corrente in un dato punto. No, perchè il valore risultante varia da punto a punto.

N. 10 — La resistenza di irradiazione è quel valore di resistenza che, connesso in serie all'antenna in un punto in cui è presente un ventre di corrente, dissipa una potenza pari a quella irradiata.

N. 11 — Un grafico che consente di stabilire empiricamente le proprietà direttive di un'antenna.

N. 12 — Un'antenna immaginaria, il cui diagramma di irradiazione è costituito da una sfera, e che irradia cioè in tutte le direzioni con la medesima intensità.

N. 13 — Un cavo che unisce un circuito ad un altro. In pratica, il termine è usato per indicare i cavi di collegamento tra un ricevitore o un trasmettitore e la relativa antenna.

N. 14 — Realizzando la linea stessa mediante due conduttori affiancati a distanza costante, di cui uno di « andata » ed uno di « ritorno ». In tal modo, i due campi elettromagnetici prodotti sono tra loro in opposizione di fase, per cui si annullano a vicenda.

N. 15 — Due: a conduttori paralleli, ed a conduttori coassiali. Si suddividono — a loro volta — in cavi con isolamento ad aria, e cavi con isolamento solido.

N. 16 — La resistenza apparente, pari al rapporto tra la tensione e la corrente del segnale a radiofrequenza. Diversamente da quanto accade per le antenne, tale valore è costante lungo tutta la linea.

NOTE sulla COSTRUZIONE delle ANTENNE

Dal momento che le antenne risultano esposte agli agenti atmosferici, ed in particolare al vento ed alle piogge, per la loro costruzione è essenziale l'impiego di materiali di particolari qualità e caratteristiche. Per limitare le perdite di energia a radiofrequenza ad un livello trascurabile, è opportuno che tanto i conduttori che si utilizzano per costruire l'antenna, quanto quelli relativi alla linea di alimentazione, presentino una resistività molto bassa. Gli isolatori devono presentare minime perdite, e basse correnti parassite superficiali, anche se incidentalmente bagnati.

Conduttori

Il diametro ed il tipo del filo da impiegarsi nella costruzione di un'antenna dipende, in modo principale, dalla sua lunghezza, specialmente nel caso delle antenne orizzontali. Per antenne corte, è sufficiente utilizzare conduttori in rame smaltato del diametro di 1,5 mm. Per antenne di media lunghezza è invece necessario, onde evitare un eccessivo allungamento dovuto al maggior peso ed alle sollecitazioni meccaniche, che il diametro del conduttore sia almeno di 2 millimetri.

Il filo di rame ricotto non è adatto alla costruzione delle antenne, anche se di lunghezza molto breve. Infatti, esso subisce — in seguito al vento — allungamenti notevoli; anche se non si giunge alla rottura, si possono verificare forti disaccordi nei confronti della frequenza di risonanza dell'antenna stessa. Il filo di rame smaltato che si trova comunemente in commercio è del tipo ricotto: volendolo egualmente utilizzare, è necessario provocare il primo allungamento mediante strappi forti e bruschi. In questo modo si possono raggiungere caratteristiche pressochè equivalenti a quelle del filo di rame crudo. In ogni caso è sempre preferibile la treccia al filo unico.

Quando si tratta di antenne molto lunghe, oppure soggette ad una forte sollecitazione meccanica derivante dalla presenza di pesanti isolatori nel tratto centrale, il filo di rame non è più utilizzabile, dato che potrebbe essere soggetto a rottura. In questi casi, si preferisce ricorrere al filo di acciaio ricoperto in rame e successivamente smaltato. Questo tipo di filo rende le operazioni di installazioni più difficoltose, dato che, per la sua tenacia ed elasticità, risulta di difficile piegatura e sistemazione. Tuttavia, non essendo soggetto nè ad allungamenti nè a rotture, presenta indubbiamente una maggiore sicurezza; il suo uso è poi indispensabile nei casi in cui l'eventuale rottura dell'antenna possa esser fonte di danno a persone o cose.

Onde evitare possibilità di perdite di potenza a radiofrequenza, è bene che il conduttore costituente l'antenna sia un pezzo unico; quando non è possibile evitare di eseguire una giunta, la saldatura deve essere molto accurata, sia dal punto di vista meccanico che dal punto di vista elettrico. Se la saldatura si trova in corrispondenza di un ventre di corrente, deve essere eseguita in modo perfetto: anche una minima resistenza provocherebbe forte dissipazione di potenza.

Linee di trasmissione

Nella costruzione di una linea a due fili paralleli, gli spaziatori devono presentare un isolamento ottimo, almeno pari a quello necessario per gli isolatori facenti parte del circuito di antenna. Nelle zone in cui l'atmosfera contiene molte impurità, ed in particolare fumo e fuliggine, dopo un certo periodo dall'installazione della linea, gli isolatori si possono ricoprire di uno strato che presenta una certa conduttività. Di conseguenza, si ottiene una diminuzione dell'isolamento nonchè lo stabilirsi di eventuali correnti superficiali di dispersione. Per questa ragione, è bene che gli isolatori delle linee di trasmisione vengano periodicamente puliti. Non si deve pensare che, a questo proposito, siano sufficienti le precipitazioni atmosferiche, dato che gli strati di impurità che determinano le corrente superficiali non sono idrosolubili.

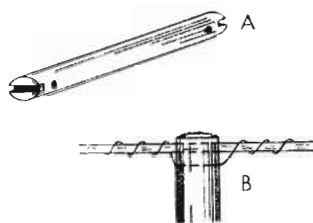



Fig. 1 - Espempio di distanziatore per linee di trasmissione a fili paralleli (A). Le tacche servono per alloggiare il conduttore, trattenuto dal filo passante negli appositi fori, come in B.

Le linee di trasmissione a fili paralleli con isolamento ad aria possono essere facilmente costruite con materiali normalmente reperibili in commercio. Per mantenere costante la distanza tra i due conduttori si possono usare degli spaziatori in *lucite* od in *ceramica*, del tipo di quello indicato alla **figura 1**. In **A** è rappresentata la forma dello spaziatore, ed in **B** il metodo di connessione con un conduttore della linea. Detta connessione viene effettuata con un filo più sottile, che viene fatto passare nel foro presente alla corrispondente estremità dello spaziatore, e successivamente avvolto attorno al conduttore, da entrambi i lati.

Le linee di frequenza comprese tra 3.5 e 7 MHz usano spaziatori della lunghezza di circa 15 cm; per frequenze comprese nella gamma tra 15 e 30 MHz, sono preferibili spaziatori da 10 cm. A frequenze ancora superiori, la distanza tra i conduttori viene ulteriormente diminuita.

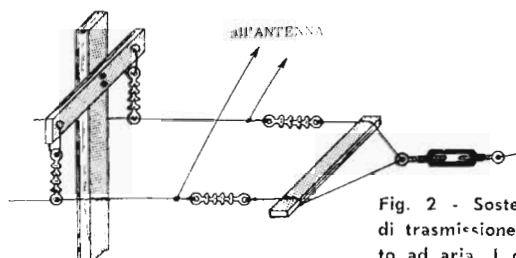



Fig. 2 - Sostegno per linee di trasmissione con isolamento ad aria. I conduttori possono scorrere negli isolatori.

Alla **figura 2** è rappresentato un secondo metodo per la costruzione di linee di trasmissione a fili paralleli con isolamento ad aria. In questo caso, sono gli stessi sostegni che fungono anche da spaziatori. Naturalmente,

essi devono essere disposti abbastanza vicini l'uno all'altro. in modo tale che non si verifichino variazioni nella distanza tra i due fili, e quindi nella impedenza della linea. Come si nota osservando la figura. la connessione meccanica tra i conduttori ed i relativi sostegni viene effettuata mediante isolatori ceramici. All'estremo della linea. oltre ai due isolatori, è presente un sistema atto ad assicurare la tensione meccanica necessaria ai conduttori. ottenuta mediante vite tendifilo. Detta vite permette di stabilire la tensione meccanica di tutta la linea, e non solo dell'ultimo tratto. Ciò perchè i conduttori non sono fissati rigidamente agli isolatori dei sostegni, bensì possono scorrere liberamente entro fori praticati in questi ltimi.

Quando si usano linee di trasmissione a dielettrico solido, come ad esempio la piattina da 300 ohm. il loro sostegno può essere costituito da semplici isolatori o supporti ceramici o in materia plastica, del tipo di quelli usati correntemente negli impianti di antenne televisive. E' bene fare in modo che dette linee non abbiano ad attorcigliarsi attorno ai fili metallici. quali ad esempio i tiranti di sostegno per il supporto dell'antenna.

Il tipo di linea di trasmissione che richiede meno precauzioni all'atto dell'installazione, è senza dubbio il cavo coassiale a dielettrico solido. Innanzitutto. data la presenza della calza schermante esterna, diminuisce la possibilità di accoppiamento con altri conduttori. anche se questi ultimi si trovano molto vicini. o disposti parallelamente. I cavi coassiali possono essere fissati direttamente alle pareti di una costruzione. utilizzando appositi ganci in ceramica o anche in metallo.

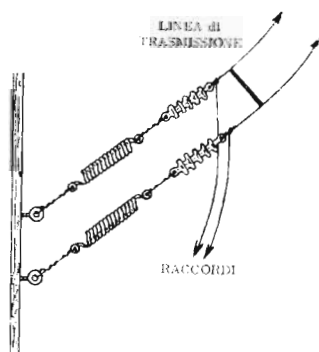



Fig. 3 - Ancoraggio al muro esterno, di una linea di trasmissione. I due ganci ad anello sono fissati nel muro: le due molle assicurano una certa tensione meccanica. I due raccordi raggiungono l'apparecchio installato nell'edificio passando attraverso due isolatori infissi nella parete.

Occupiamoci ora della tecnica relativa all'allacciamento dei terminali delle linee di trasmissione. ed in particolare del collegamento all'uscita dell'apparecchiatura. Poichè l'apparecchio si trova — in genere — all'interno del locale, è necessario che la linea di trasmissione proveniente dall'antenna venga portata all'interno del locale stesso. Onde evitare forti sollecitazioni meccaniche ai terminali della linea, è opportuno che questa, prima di essere portata all'interno dell'edificio, sia solidamente ancorata all'esterno, come indicato alla **figura 3**.

Agli stessi anelli degli isolatori cui fanno capo i terminali della linea, vengono collegati due conduttori di discesa, aventi lo scopo di proseguire la linea di trasmissione fino all'interno dell'edificio. La migliore soluzione per portare detti conduttori fino al trasmettitore consiste nel praticare due fori nel muro, provvisti di un particolare tipo di isolatore passante. E' bene che tanto i fori praticati nel muro, quanto gli isolatori passanti, abbiamo un diametro notevolmente superiore a quello del conduttore. Ciò perchè, dato che in molti casi la tensione presente lungo le linee di trasmissione è discretamente elevata, si rende necessario un ottimo isolamento onde evitare dispersioni verso massa.

Ancoraggio delle antenne

Il problema relativo al sostenimento dell'antenna alla necessaria altezza rispetto al suolo, può essere risolto in diversi modi. dipendenti dalla situazione locale. In generale, si deve ricorrere a pali o tralicci appositamente costruiti. spesso mantenuti in posizione verticale a mezzo di tiranti. In alcuni casi, si può ricorrere — per il sostegno dell'antenna — a costruzioni già esistenti o ad alberi. Il conduttore può essere teso, ad esempio, tra due camini. oppure tra un edificio ed un traliccio autoportante o, ancora, tra un edificio ed un albero.

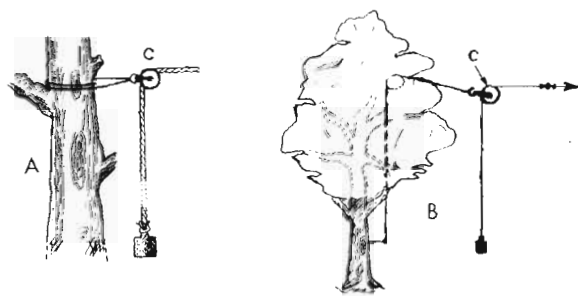



Fig. 4 - In A, fissaggio della carrucola (C) direttamente al tronco di un albero. Il contrappeso assicura la tensione meccanica. In B, fissaggio mediante doppia carrucola, necessario in previsione di forti oscillazioni da parte dei rami.

Se si utilizza, come supporto per un estremo dell'antenna, un albero, occorre prendere alcune precauzioni, specialmente se questo è piuttosto sottile. Infatti, gli alberi oscillano ampiamente a causa del vento; pertanto, effettuando un ancoraggio di tipo normale, si potrebbero verificare bruschi strappi capaci di determinare la rottura del conduttore. o comunque un suo notevole allungamento. Per evitare questi inconvenienti, si può ricorrere ad ancoraggi ottenuti mediante carrucola e contrappeso, del tipo di quelli rappresentati alla **figura 4-A** e **4-B**.

In entrambi i casi, l'antenna è collegata, mediante un isolatore ceramico del solito tipo, ad una corda, libera di scorrere attorno alla carrucola *C*. Al secondo estremo della corda è fissato un contrappeso, la cui funzione è quella di assicurare la necessaria tensione meccanica al sistema costituente l'antenna. La differenza tra i due metodi consiste in una diversità nel modo di fissare la carrucola all'albero. In A, essa è attaccata direttamente al tronco; è questo un metodo normalmente usato quando l'ancoraggio viene effettuato ad una altezza in corrispondenza della quale l'albero è privo di fronde. In B, invece, la carrucola viene sostenuta da una corda che scorre su una seconda carrucola; detta corda è legata — al suo estremo — ad un gancio fissato alla base del tronco. Questo sistema si usa quando la presenza di rami impedisce il libero scorrere della

corda con contrappeso nelle vicinanze del tronco. Come si può notare in figura, si ottiene infatti, rispetto al caso A, un allontanamento del sistema di tensione dell'antenna rispetto al tronco dell'albero.

Pali di sostegno

Tra i supporti per antenne, sono da ricordarsi, in primo luogo, i pali telegrafici. Essi sono adatti per altezze di circa 10-12 m, e la loro installazione non presenta alcuna particolare difficoltà, specialmente per il fatto che, nei normali usi, non occorre la presenza di tiranti. In questo caso, è infatti sufficiente l'interramento della parte inferiore del palo, fino ad una profondità pari a circa 1/10 dell'altezza complessiva. Per una migliore conservazione, la parte interrata deve essere protetta mediante vernici a base di creosoto o di catrame, e la parte esterna mediante comuni vernici per legno.

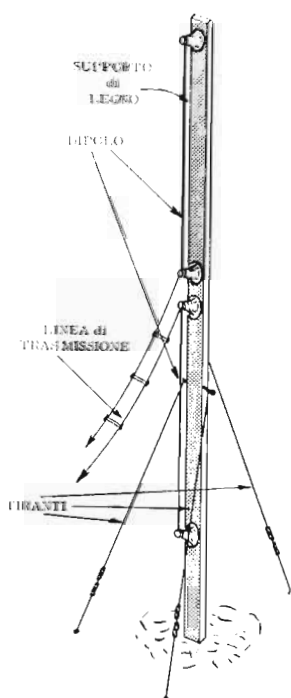



Fig. 5 - Esempio di dipolo verticale, fissato ad un supporto in legno mediante isolatori. Si notino i tiranti fissati al suolo, onde assicurare la massima rigidità al sistema, e la linea di trasmissione con isolamento ad aria (distanziatori).

Volendo usare pali di altezza superiore ai 12 m, è quasi sempre necessario ricorrere a dei tiranti o « venti ». Per poter giudicare se questi siano indispensabili, occorre tener conto, oltre che dell'altezza del palo, anche delle sollecitazioni meccaniche cui esso è sottoposto. Tali sollecitazioni dipendono principalmente dalla ventosità della zona, e dal peso dell'antenna da sostenere. Inoltre, è chiaro che — nel caso di antenne orizzontali — la forza esercitata da queste sui supporti è notevolmente superiore a quella esercitata da antenne verticali. Il cavo normalmente impiegato per i tiranti è del tipo in ferro zincato, onde evitare la possibilità di ossidazione; il suo diametro deve essere notevole, in quanto i tiranti sono soggetti a forti tensioni meccaniche.

Un cenno particolare meritano i sostegni per antenna da disporsi sul tetto di un edificio. Poichè vengono installati in una posizione già di per sè elevata rispetto al suolo, non è necessario che siano molto alti. Naturalmente, non essendo possibile l'interramento, è indispensabile ricorrere al fissaggio mediante tiranti o

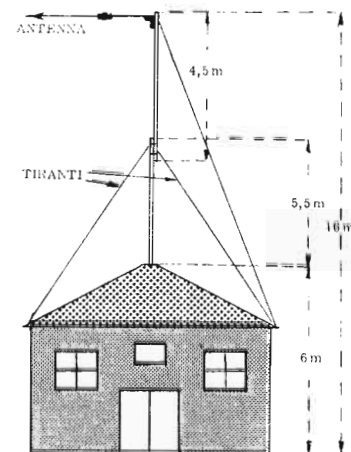



Fig. 6 - Installazione di un supporto sul tetto di un edificio di altezza limitata. Il segmento inferiore viene trattenuto da quattro tiranti: quello superiore da due soli, installati in modo da contrastare la trazione da parte dell'antenna. In tal modo è possibile raggiungere altezze relativamente elevate.

zanche. Vediamo ora due esempi pratici di costruzioni di questo genere, una per antenna verticale e l'altra per antenna orizzontale.

Alla **figura 5** è rappresentato un sostegno per dipolo a mezza onda disposto verticalmente, adatto per operare nella gamma dei 6 m o nella gamma dei 10 metri. L'altezza complessiva dell'asta in legno non supera, in ogni caso, gli 8 metri. La sezione dell'asta può essere, ad esempio, di 5 x 8 cm, in quanto non è necessaria una grande robustezza, trattandosi di un'antenna verticale. Le misure citate sono solo indicative, potendo essere variate, secondo le disponibilità pratiche, entro ampi limiti.

L'antenna non esercita, alla sommità del sostegno, una trazione trasversale; non sono quindi necessari molti tiranti. Ne bastano di solito tre, disposti simmetricamente, ossia con angoli di 120° tra loro, attorno al sostegno, e fissati a circa metà dell'altezza di questo. Nel caso in cui il tetto sia piatto, oppure l'antenna venga installata in una terrazza, non occorre fissare anche il fondo del sostegno; questo, una volta che i tiranti siano ben tesi, rimane automaticamente fermo. Se invece il tetto è del tipo a spigolo, si deve eseguire, nel fondo del sostegno, un taglio a «V», che si adatti perfettamente all'angolo di inclinazione del tetto.

Consideriamo ora la **figura 6**, nella quale è rappresentato un sistema di sostegno per antenna orizzontale, disposto alla sommità di un tetto di una piccola costruzione, quale ad esempio un garage. In questo caso, poichè il tetto si trova ad un'altezza di soli 6 metri dal suolo, si impiega un sostegno d'antenna più alto, otte-

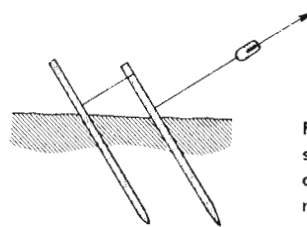



Fig. 7 - Sistema di ancoraggio al suolo per tiranti. Sono visibili due picchetti, che, data la sistemazione, si suddividono lo sforzo. In alcuni casi, può essere sufficiente uno solo di essi.

nuto mediante due aste in legno disposte in serie. Naturalmente, essendo l'altezza complessiva delle due aste superiore a quella del caso precedente, è opportuno che anche la loro sezione sia maggiore.

Poichè l'antenna è orizzontale, essa esercita una forte

tensione trasversale sulla sommità del supporto, nella direzione indicata dalla freccia. E' pertanto necessario un maggior numero di tiranti. Essi sono, complessivamente, sei, dei quali quattro attaccati al punto centrale (zona di unione tra le due aste) e due alla sommità. I quattro tiranti applicati al centro sono diretti verso i quattro angoli del tetto; i due applicati all'estremo superiore sono diretti verso quei due angoli che si trovano, rispetto al sostegno, dalla parte opposta dell'antenna orizzontale. In questo modo, si provvede a bilanciare la trazione esercitata in senso opposto dall'antenna.

Tiranti

Per pali e tralicci di altezza fino a 15 m, si possono usare tiranti costituiti da filo di ferro zincato del diametro di 2 mm. Dato che la lunghezza complessiva dei tiranti è piuttosto elevata, è possibile che risulti pari ad un multiplo esatto di $\lambda/2$. In queste circostanze, i tiranti si comporterebbero come antenne risonanti e potrebbero provocare interferenze col sistema d'antenna.

Per evitare l'inconveniente di cui si è detto, si ricorre ad una suddivisione dei tiranti in più tratti, collegati l'uno all'altro mediante isolatori a sella. Ogni tratto deve avere una lunghezza inferiore alla minima capace di entrare in risonanza sulla frequenza di trasmissione. Ad esempio, se la lunghezza d'onda è di 10 m, ogni tratto di tirante deve avere una lunghezza inferiore ai 3 o 4 m, in modo da garantire che non possa comportarsi come un conduttore risonante su mezza onda.

Il fissaggio dei tiranti al terreno può essere eseguito in diverse maniere. Uno dei metodi più semplici consiste nell'agganciarli alla base di un albero o ad una costruzione; tuttavia, ciò non è possibile che in casi particolarmente fortunati, ossia quando gli alberi, o le costruzioni, siano disposti proprio nel modo che occorre. Un altro metodo relativamente semplice utilizzabile nel caso di tralicci o pali non molto alti, è il seguente: si tratta, in sostanza, di conficcare nel terreno un tubo (picchetto), del diametro di 2 o 3 cm, con appropriato angolo di inclinazione rispetto alla superficie terrestre. Naturalmente, occorre tener conto anche della direzione del tirante: le migliori condizioni di stabilità si ottengono con un angolo tubo - tirante di 90°.

Un sistema forse più efficace consiste nell'utilizzare due tubi infissi nel suolo, come si vede alla **figura 7**. In questo caso, lo sforzo applicato dal tirante al primo tubo viene in parte distribuito anche sul secondo tubo, e risulta pertanto sufficiente una minore profondità di interramento.

Alla **figura 8** si può notare un altro tipo di ancoraggio al suolo per tiranti. Si tratta di una pesante tavola di legno, lunga circa 1,5 m, ed avente una sezione rettangolare di almeno 5 x 15 cm. A detta tavola, che viene interrata a circa 1 m di profondità, parallelamente alla superficie terrestre, vengono fissati due cavi che, riunendosi in uno, vanno a costituire il primo tratto del tirante. In **A** è rappresentata una sezione nella direzione della lunghezza maggiore dell'asse di ancoraggio, ed in **B** una sezione trasversale. Come si può notare

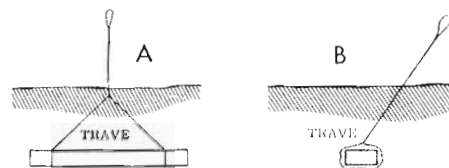



Fig. 8 - Ancoraggio dei tiranti mediante una piccola trave di legno sotterrata ad una certa profondità. Il tirante è legato alla trave mediante una biforcazione che distribuisce lo sforzo su tutta la lunghezza. In A, vista frontale, ed in B, vista laterale. Si noti l'inclinazione del tirante.

da quest'ultima, il cavo esce dal suolo già con la stessa inclinazione che presenta il complesso del tirante.

Gli isolatori che si usano per connettere ogni tratto di tirante col successivo sono del tipo a *sella*, di cui vediamo un esempio rappresentato alla **figura 9**: è anche illustrato l'impiego di tali isolatori. Questo tipo di isolatore è ottimo poichè, anche in caso di rottura dovuta ad una eccessiva tensione del cavo, l'intera struttura non risulta compromessa. Infatti, come si può notare nella figura, ad allacciamento ultimato i due tratti del cavo che si vogliono unire risultano, l'uno rispetto all'altro, in una posizione simile a quella di due anelli successivi di una catena.

Quando il cavo con cui si vogliono costruire i tiranti è di grosso diametro, l'operazione di ripiegatura successiva all'inserimento del cavo nell'apposita sede (foro o scanalatura sull'isolatore), è piuttosto lunga e difficoltosa, se effettuata a mano o con normali pinze. A questo proposito è vantaggioso usare il semplice attrezzo di cui alla figura 9. Si tratta di una semplice piastra di ferro o di acciaio, di discreto spessore, provvista di un foro di diametro superiore a quello del cavo del tirante, praticato nelle vicinanze di un estremo. Dopo aver fatto passare il cavo nell'apposito foro o scanalatura sull'isolatore, si eseguono grossolanamente a mano, o con una pinza, uno o due giri di fissaggio, e poi si passa il terminale del cavo attraverso il foro dell'attrezzo di cui si è detto. E' poi facile, ruotando quest'ultimo nel senso indicato in figura dalla freccia, ottenere una giuntura meccanica perfetta, con la tensione voluta.

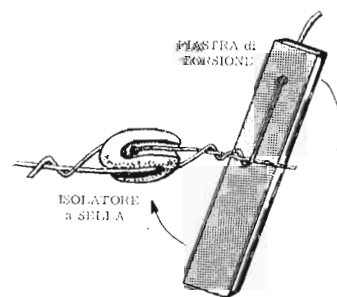



Fig. 9 - Metodo per il fissaggio della corda di acciaio ad un isolatore a sella. La piastra di torsione consente di avvolgere il filo su se stesso, assicurando al sistema la massima solidità.

L'ottenimento di una buona tensione meccanica dei tiranti è assolutamente indispensabile, se si vuole che la struttura portante dell'antenna rimanga ben salda anche in caso di vento. Pertanto, oltre ad eseguire le giunte come prima detto, si introducono talora delle viti tendi filo. Queste sono peraltro indispensabili solo nel caso in cui i tiranti debbano sostenere pali o tralicci molto alti, di altezza cioè superiore ai 15 metri.

Carrucole e corde

Abbiamo visto come il migliore sistema per fissare le antenne orizzontali ai supporti relativi, siano essi pali o alberi, sia quello che ricorre ad una corda libera di scorrere su una carrucola, unita ad un estremo con l'antenna, ed all'altro con un contrappeso. La scelta

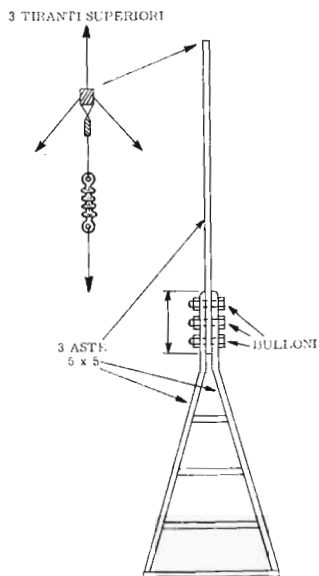



Fig. 10 - Esempio di traliccio ad « A ». Il supporto superiore è fissato a quello inferiore mediante tre bulloni. In alto, a sinistra, è illustrato il medesimo traliccio visto dall'alto. Si noti la disposizione dei tiranti, e la direzione del conduttore di antenna, fissato tramite il solito isolatore in ceramica.

della corda è in certo qual modo critica, dato che lo attrito provocato dal continuo scorrimento lungo la carrucola, e la corrosione ad opera delle intemperie, richiedono l'impiego di materiali particolarmente resistenti. I cavi metallici non sono adatti, sia perchè troppo rigidi, anche se costituiti da treccia, sia perchè potrebbero entrare in risonanza, disturbando il funzionamento dell'antenna. Le corde in « nylon » sono forse la migliore soluzione, dato che, per la loro notevole resistenza, possono essere usate anche per anni prima di dover essere sostituite. Esse risultano tuttavia piuttosto co-

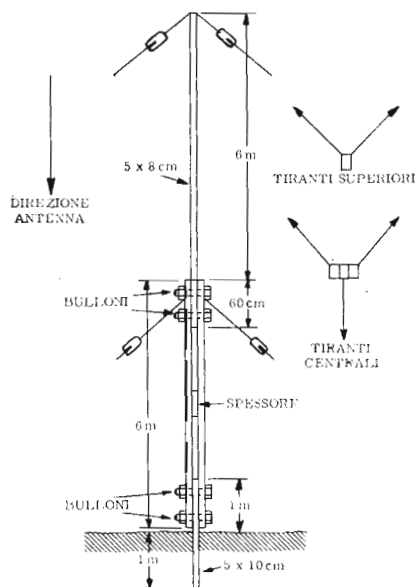



Fig. 11 - Altro tipo di traliccio di realizzazione più semplice. Le due aste inferiori, opportunamente distanziate, trattengono il supporto superiore ed il segmento inferiore che deve essere interrato. Verso la metà dell'altezza vengono fissati tre tiranti, e, sulla sommità, ne vengono fissati due, opposti all'antenna.

stose, e per questo si utilizzano spesso corde del tipo comune, che devono però essere opportunamente impermeabilizzate. La durata di queste corde supera i due anni, ed è bene una verifica periodica del loro stato, se si vuole evitare una rottura improvvisa con conseguente caduta dell'antenna.

Per quanto riguarda le carrucole, sono molto usati i tipi in ferro galvanizzato, i quali hanno però una durata limitata, specialmente in zone umide o costiere. In questi casi, è preferibile usare carrucole in legno duro, con dischi laterali e supporti in bronzo. Una buona lubrificazione è essenziale, se si vuole evitare una usura prematura. Si può ricorrere, con ottimi risultati, a grasso minerale, mentre sono da evitarsi tutti i tipi di olii.

Nei confronti del contrappeso, non sono necessarie avvertenze particolari. Esso può essere costituito da un blocco di cemento, provvisto di anello metallico di agganciamento, come pure da un blocco metallico, ad esempio di piombo. I materiali ferrosi sono da evitarsi a causa della ruggine. Il peso deve essere adeguato a quello del conduttore che costituisce l'antenna, in modo da renderlo sufficientemente teso, ma senza eccessivo sforzo. Per ragioni di sicurezza, è bene che il contrappeso si trovi di poco al di sopra del suolo, e che sia agganciato molto solidamente. Per questa ragione è da evitarsi l'uso di pietre come contrappesi, dato che la legatura di queste è quasi sempre un po' problematica.

Tralicci

Non sempre i pali di tipo telegrafico sono reperibili. Inoltre, essi sono solo per altezze non superiori ai 12 metri. In molti casi, si preferisce ricorrere a strutture a traliccio, fissate mediante tiranti. Tali strutture, di cui vediamo due esempi alle **figure 10** e **11**, si possono costruire con aste in legno di media sezione, risultando pertanto leggere e facili da installare.

Il più semplice tipo di traliccio è quello di figura 10: esso è indicato per altezze di 10 o 12 metri, ed è denominato, data la sua particolare forma, traliccio ad « A ». Le aste necessarie alla sua costruzione sono in legno, e possono avere, ad esempio, una sezione quadrata di 5 cm di lato. La parte superiore, ad asta unica, ha un'altezza di 6 o 7 metri; alla sua sommità sono fissati tre tiranti di tipo normale, disposti a 120° tra di loro. Uno di questi è bene sia disposto in direzione esattamente opposta a quella dell'antenna, onde bilanciarne la trazione.

Anche il traliccio di figura 11 è abbastanza robusto, facile da costruire e poco costoso. E' adatto per altezze di circa 12 m, ed è costituito da due sezioni. Quella superiore è una semplice asta in legno, da 5 x 8 cm di sezione, ed è fissata tra due aste dello stesso tipo, costituenti la sezione inferiore, mediante bulloni. La distanza tra queste due aste è mantenuta costante a mezzo di due spaziatori, uno al centro ed uno in basso. Quest'ultimo, di sezione maggiore, (ad esempio 5 x 10 cm), viene infisso nel suolo fino a circa 1 metro di profondità, per assicurare una maggiore stabilità.

I tiranti per questo traliccio sono complessivamente cinque, disposti a due diverse altezze. Tre vanno ad agganciarsi a metà altezza, in modo simmetrico, mentre i due superiori sono disposti dissimmetricamente, come indicato in figura. Questi ultimi hanno lo scopo di esercitare una trazione prevalente in direzione opposta a quella dell'antenna.

AVVISO a tutti i lettori

Dal 6 al 20 Agosto prossimi i ns. Uffici resteranno **chiusi per ferie.**
Durante tale periodo (per 2 settimane dopo il N° 44) **non usciranno i fascicoli del «Corso».** Col N° 45 – che sarà posto in distribuzione il 26 Agosto p. v. – riprenderà la frequenza settimanale, sino al **N° 52,** ultimo Numero previsto.
L'ultimo fascicolo del «Corso di RADIOTECNICA» recherà anche l'«errata-corrige» e gli Indici.

SIAMO LIETI DI ANNUNCIARE ORA CHE, COME LOGICO SEGUITO AL CITATO « Corso » SARA' PUBBLICATO, SETTIMANALMENTE IL

corso di TELEVISIONE

con costruzione di un televisore

QUANTO PRIMA ESPORREMO AMPI DETTAGLI RELATIVI A QUESTO NUOVO PERIODICO CHE — POSSIAMO GIA' AFFERMARLO SIN D'ORA — NON HA RISCONTRO PER RICCHEZZA DI CONTENUTO, CHIAREZZA DI ESPOSIZIONE E PRATICITA' DI RISULTATI CON NESSUN'ALTRA INIZIATIVA DEL GENERE, SIA A CARATTERE SCOLASTICO CHE A CARATTERE EDITORIALE.

Qualche cenno sul fascicolo N. 102 della rivista mensile « RADIO e TELEVISIONE » posta in distribuzione recentemente. Chiedetela all'edicola (lire 300) o abbonatevi a 12 numeri (lire 3060).

— Creare suoni che non esistono nella realtà! Ecco una cosa possibile a tutti i possessori di un registratore magnetico, seguendo le tecniche illustrate in un articolo sui **trucchi sonori alla portata degli amatori.** Potrete così creare degli effetti sonori originali ed artistici, oppure semplicemente curiosi e divertenti, che renderanno molto più attraenti le vostre registrazioni.

— Sempre quanti si interessano della registrazione magnetica su nastro, nella nuova rubrica **Parole e suoni** troveranno le risposte ai quesiti che essi stessi vorranno sottoporre.

— Ancora nel campo della Bassa Frequenza, viene illustrato un metodo semplice e facile per ottenere il **bilanciamento degli stadi finali in controfase.**

— Ai tecnici di laboratorio interesserà un articolo dedicato alla **fotometria** ed ai metodi per la misura della luminanza dello schermo dei tubi a raggi catodici.

— Gli indicatori ottici, di qualunque tipo essi siano, sono presenti in moltissime apparecchiature elettroniche in quanto consentono di accertare visivamente lo stato di funzionamento dei circuiti. In questo articolo vengono descritti il funzionamento e le applicazioni dei **thyratron indicatori,** un tipo particolare di valvola a gas a catodo freddo le cui caratteristiche elettriche ne fanno il componente più versatile per l'applicazione anzidetta.

— I diversi problemi connessi con l'ottenimento di una buona **linearità orizzontale nei televisori a 110°** sono oggetto di un articolo dedicato in particolare al videoriparatore.

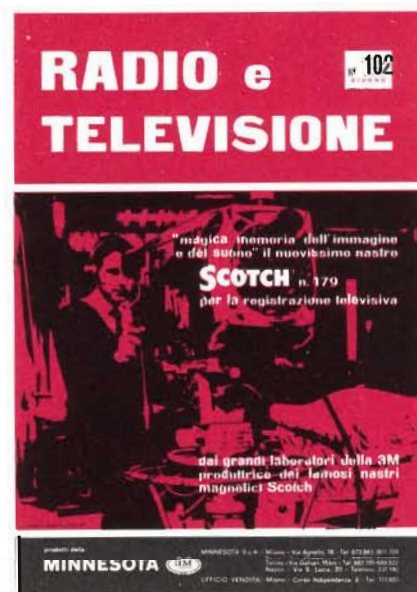
— Telefonare con la luce! A questo si giungerà modulando ed amplificando la luce prodotta da un nuovo dispositivo chiamato **Laser.** Il funzionamento del Laser viene esaurientemente descritto in modo piano ed accessibile a tutti.

— Viene pubblicata la II Parte di un articolo sul **Progetto di stadi a transistori per radioricevitori.** Il tecnico progettista vi troverà esposte, in modo eminentemente pratico, le norme più importanti da seguire.

— L'apparecchio è riparabile subito? Quanto costa la riparazione? Sono questi i due soli quesiti che interessano il proprietario di un televisore guasto, e che esigono una pronta ed esatta risposta da parte del tecnico. Viene qui esposto un metodo per **la diagnosi dei guasti di un televisore presso il domicilio del cliente,** in modo da ottenere quegli elementi che consentono di rispondere ai quesiti posti.

E' compresa una tabella ove sono esposti sinteticamente 20 probabili guasti, con indicazione dei sintomi, del punto probabile del guasto e dei controlli da effettuare.

— Tabella di sostituzione delle valvole riceventi con i tipi RCA prodotti in Italia dalla ATES.

Completano il fascicolo le abituali rubriche, e cioè un notiziario relativo ad avvenimenti riguardanti la tecnica elettronica, da tutto il mondo; una recensione di libri e opuscoli; gli avvisi gratuiti a disposizione di tutti i lettori; un esame tecnico di apparecchiature del commercio; un breve riassunto di articoli importanti di riviste estere, ecc. ecc.

GELOSO

COMPONENTI PER IMPIANTI ALTA FEDELTA'

AMPLIFICATORE ALTA FEDELTA' G 203 - HF

Risposta lineare 20 ÷ 20.000 Hz - Potenza d'uscita 7 ÷ 11 watt - Distorsione totale inferiore all'1% a piena potenza - 2 circuiti d'entrata, per pick-up piezo o a riluttanza variabile - Controlli di tono indipendenti per alte e basse frequenze - impedenze d'uscita da 3 a 24 ohm - Alimentazione con c.a. 100 ÷ 250 volt - Dimensioni cm 33 x 18 x 19 - Peso kg 6,500 Lire 30.500

COMPLESSO FONOGRAFICO MONOFONICO ALTA FEDELTA' N. 3003

4 velocità con pick-up piezoelettrico - Larga banda di risposta L. 16.000

COMPLESSO FONOGRAFICO STEREOFONICO N. 3005

4 velocità con pick-up piezo per dischi stereo e monoaurali L. 19.000

TRASFORMATORE D'USCITA ALTA FEDELTA' Mod. 5431 - HF

Potenza max. 20 watt (distorsione 1%) - da 30 a 20.000 Hz - Risposta : ± 1 dB da 30 a 40.000 Hz - Induttanza primario 10 henry — Impedenza 5.000 ohm - 1° e 2° secondario : 3 ÷ 4; 4,5 ÷ 5,5; 6 ÷ 8; 12 ÷ 16; 15 ÷ 19; 18 ÷ 24 ohm - 3° secondario: 250 ohm (uscita a tensione costante 70 volt) Lire 15.000

ALTOPARLANTE BIFONICO ALTA FEDELTA' SP303/ST

Risposta 30 ÷ 18.000 Hz - impedenza 16 ohm - Filtro discriminatore incorporato - Diametro max. mm 30 - Peso kg. 2.150 . . L. 12.000

ALTOPARLANTE A LARGA BANDA SP301/ST

per frequenze basse e medie negli impianti ad Alta Fedeltà - Risposta 30 ÷ 9.000 Hz - Impedenza 5 ohm - Diametro max. mm 300 - Peso kg. 2.000. . . . . L. 6.000

ALTOPARLANTE A LARGA BANDA SP251/ST

per frequenze basse e medie negli impianti ad Alta Fedeltà - Risposta 50 ÷ 10.000 Hz - Impedenza 5 ohm - Diametro max. mm 253 L. 4.600

ALTOPARLANTE PER FREQUENZE ALTE ED ALTISSIME SP92/ST

Risposta 2000 ÷ 15.000 Hz - impedenza 5 ohm - Deve essere usato in serie ad un condensatore a carta da 1 µF/150 V. . . . . L. 1.750

GELOSO S.p.A. - MILANO (808) - Viale Brenta, 29

Per altri tipi di amplificatori, trasformatori d'uscita e componenti Alta Fedeltà, stereo o monoaurali, richiedere il « Bollettino Tecnico Geloso » N. 78 - 79 dedicato alla B.F.

HEATHKIT

HEATH COMPANY

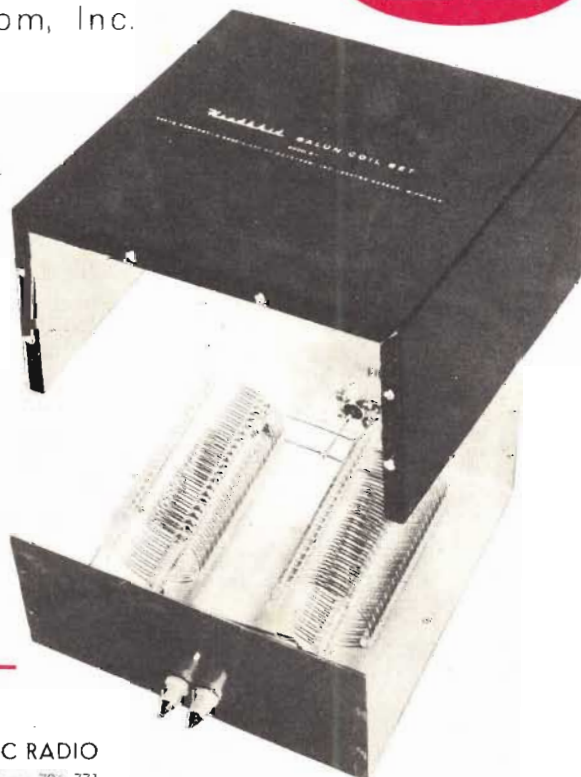
a subsidiary of Daystrom, Inc.

MODELLO B-1

Il modello Heathkit B-1 è costituito da una coppia di bobine per l'adattamento delle linee asimmetriche (cavi coassiali) con linee simmetriche a 75 ed a 300 ohm di impedenza caratteristica.
Questa realizzazione permette di adattare l'uscita asimmetrica di complessi trasmittenti con linee bilanciate impiegate per l'alimentazione di dipoli, dipoli ripiegati e con qualsiasi altro tipo di antenna ad alimentazione simmetrica.
Il « Balun Coil » è costituito da bobine bifilari, che possono essere usate con trasmettitori e con ricevitori senza per questo dover operare alcuna regolazione; è questo nella gamma di frequenze 3,7 ÷ 30 MHz (80 ÷ 10 m.) ed in presenza di una potenza massima di 200 Watt.

LARIR MILANO

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

P.zza 5 Giornate 1 Telefoni: 795.762 - 795.763

Agenti esclusivi di vendita per:

LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI . . Soc. FILC RADIO
Piazza Dante, 10 - ROMA - telefono 736.771

EMILIA - MARCHE . . . . Ditta A. ZANIBONI
Via Azzogardino, 2 - BOLOGNA - telefono 263.359

VENETO . . . . Ditta E. PITTON
Via Cavallotti, 12 - PORDENONE - tel. 2244